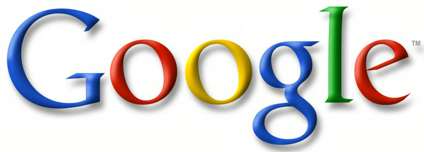
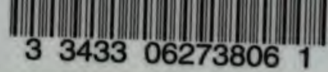
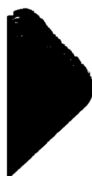
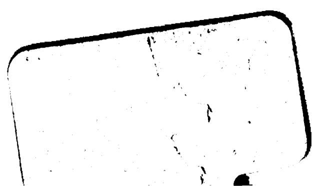



3 3433 06273806 1









ANNALES
DES MINES,

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RAPPORTENT;

RÉDIGÉES

Par les Ingénieurs des Mines,

ET PUBLIÉES

Sous l'autorisation du Conseiller d'État, Directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines.

TROISIÈME SÉRIE.

TOME XIV.

PARIS,

CHEZ CARILIAN-GŒURY, ÉDITEUR-LIBRAIRE

QUAI DES AUGUSTINS, N°s 39 et 41.

1838.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les *Annales des Mines* sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Directeur général. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, de l'inspecteur des études et des professeurs de l'Ecole des mines, du chef de la division des mines, d'un ingénieur secrétaire, et d'un ingénieur secrétaire-adjoint.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des *Annales des Mines*, pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les Annales des Mines doivent être adressés, *sous le couvert* de M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, à *M. le secrétaire de la commission des Annales des Mines*, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 10 exemplaires de leurs articles. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 10 fr. par feuille pour le premier cent, et de 5 fr. pour les suivants.

La publication des *Annales des Mines* a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois.—Les trois livraisons d'un même semestre forment un volume. — Les deux volumes composant une année contiennent de 60 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMERIE ET FONDERIE DE FAIN,
RUE RACINE, N° 4, PLACE DE L'ODÉON.

RAPPORT

A M. le directeur général des ponts-et-chaussées et des mines, sur les houilles françaises et étrangères, employées pour le service des chaudières à vapeur.

Commissaires : MM. Clément-Desormes, Guenyveau, et Lefroy rapporteur.

Par sa décision du 26 novembre 1833, M. le directeur général des ponts-et-chaussées et des mines charge une commission, composée de MM. Clément-Desormes, professeur au Conservatoire des arts et métiers, Guenyveau et Lefroy, ingénieurs en chef des mines, de se livrer à une suite d'expériences toutes spéciales sur le mode de combustibilité des houilles françaises et étrangères, à l'effet de constater si, telle houille étrangère, à raison de sa qualité éminemment flambante, est indispensable pour certaines industries et notamment dans le service des machines à vapeur ; en sorte, que quels que fussent le droit d'importation et la relation des prix, on se trouvât toujours dans la nécessité de recourir à cette houille.

Sur l'autorisation du ministre des finances, la manufacture royale des tabacs, au Gros-Caillou, où il existe des chaudières à vapeur, fut désignée pour cette opération.

Première séance.

Conformément à cette décision, le 7 décembre 1833, à neuf heures du matin, il y eut une première réunion des commissaires, à la manufacture royale des tabacs.

Là, après examen fait des chaudières à vapeur de l'établissement et lecture faite de la décision de M. le directeur général des ponts-et-chaussées et des mines, la discussion s'ouvrit sur la marche à suivre pour remplir la mission dont on était chargé.

D'abord, il fut reconnu que les houilles devaient être examinées sous deux rapports, celui de leur effet utile, et celui de leur qualité flambante.

Ce point arrêté, on passa aux moyens à employer pour *l'appréciation de l'effet utile de la houille.*

La quantité de vapeur d'eau produite par la combustion d'un poids donné de houille étant la mesure la plus exacte de l'effet utile de ce combustible, on se décida à adopter ce moyen; mais pour résoudre ce problème deux voies se présentaient :

Ou l'absorption par une quantité donnée d'eau, à diverses époques du travail du fourneau en parfait roulis et consommant par heure des quantités égales de combustible, de la vapeur d'eau produite dans un temps donné. Procédé bien connu et au moyen duquel, d'après l'élévation de température qu'a éprouvée l'eau par suite de l'absorption de la vapeur, on parvient à calculer la quantité de vapeur d'eau produite par la combustion d'une quantité donnée de houille;

Ou la détermination de la quantité d'eau qu'il faut ajouter, soit pendant, soit après le travail du fourneau pour rétablir l'eau de la chaudière au niveau qu'elle avait avant l'évaporation, quantité qui représente l'eau vaporisée pendant la durée de l'opération.

Le premier moyen fut rejeté après un léger examen. Cette exclusion fut motivée sur ce qu'à raison des localités, et attendu la force des chaudières (de plus de 30 chevaux) sur lesquelles on avait à opérer, le procédé aurait exigé des appareils très-grands, d'une exécution difficile et dispendieuse.

Le second moyen, comme plus direct et plus simple, fut adopté. Toutefois on ne put se dissimuler qu'il était à craindre qu'il ne donnât pas d'une manière rigoureuse la valeur relative des houilles, sous le rapport de leur effet utile.

Pour la mise à exécution de ce moyen, il fut convenu que MM. les administrateurs de la manufacture royale des tabacs seraient priés de faire établir sur l'une des chaudières les deux appareils suivants :

1° *Pour le dégagement de la vapeur d'eau*, un tuyau de plomb de 22 centimètres de diamètre, avec robinet, dans sa partie inférieure, et dont la partie supérieure s'élèverait au-dessus de la toiture du bâtiment des chaudières ;

2° *Pour l'injection de l'eau dans la chaudière*, une pompe à bras, aspirante et foulante, pouvant élever au moins 25 litres d'eau par minute, et prenant l'eau nécessaire à l'alimentation de la chaudière dans une cuve (récipient) d'environ 8 à 10 hectol. de capacité, ladite cuve surmontée d'une seconde petite cuve (compteur) de 100 litres de capacité, et devant servir à mesurer la quantité d'eau qu'au fur et à mesure des besoins, on aurait à introduire dans le récipient.

Un des commissaires fut chargé de la surveillance de ces travaux. On s'occupa ensuite des moyens de se procurer les diverses espèces de

houille qui se trouvent sur le marché de Paris, et notamment celles désignées par M. le directeur général des ponts-et-chaussées et des mines.

Un des commissaires qui avait déjà pris des renseignements à ce sujet, fit connaître qu'on ne rencontrait sur la place de Paris que sept espèces de houille propres au service des chaudières, *cinq françaises et deux étrangères*, savoir :

Houilles françaises.

Deux houilles d'Anzin, l'une dite *ancien Anzin*, l'autre *nouvel Anzin*.

La houille dite *Denain* (Nord).

La houille de *Decize* (Nièvre).

La houille de *Blanzy* (Saône-et-Loire).

Houilles étrangères.

La houille dite *Flenu*, des environs de Mons (Belgique).

La houille *des Veines de Mathon et du Buisson*, également des environs de Mons (Belgique).

Il annonça que les houilles d'Anzin, de Denain et de Decize seraient fournies par les propriétaires de ces mines; qu'il avait aussi fait choix, chez les principaux entreposeurs de Paris, des houilles de Mons et de Blanzy, et qu'à sa première réquisition tous ces combustibles seraient livrés à la manufacture des tabacs.

Enfin, il instruisit la commission que, sur sa demande, MM. les administrateurs de la manufacture avaient bien voulu lui promettre de faire venir incessamment de la houille anglaise dite de Newcastle.

Le même commissaire fit aussi observer que, comme plusieurs de ces houilles, particulière-

ment celles de Mons, étaient souvent altérées par un poussier de mauvaise qualité et très-mélangé de matières terreuses, il serait indispensable, pour procéder à ces expériences avec plus de certitude, qu'on n'employât que de la houille en gaillette.

Il fit également sentir combien il serait utile que le travail du fourneau fût conduit par un bon ouvrier, et que ce fût le même pour toutes les expériences, il offrit enfin d'amener avec lui un des meilleurs chauffeurs de Paris.

La commission, après avoir donné son approbation aux mesures prises relativement aux houilles, arrêta qu'on n'emploierait dans les expériences que de la houille en gaillette, et accepta le chauffeur proposé.

Quant au deuxième objet, *l'examen des houilles sous le rapport de leur qualité flambante*, le fourneau, mis à la disposition de la commission, se trouvant engagé dans les autres, l'établissement sur ses longs côtés des visières nécessaires pour constater l'étendue et l'intensité de la flamme dans le carneau (conduit de la fumée) inférieur, eût été chose impossible à faire. Cela eût même été possible, qu'on ne l'eût pas fait. Les résultats qu'on aurait obtenus eussent été sujets à trop de variations.

Pour arriver à la solution de la question, un moyen plus simple et plus direct se présentait, celui de déterminer la quantité d'hydrogène contenue dans chaque espèce de houille; car une houille développe d'autant plus de flamme dans sa combustion qu'elle est plus hydrogénée. Aussi la commission se détermina-t-elle à employer ce moyen. Mais attendu, d'une part, que dans sa

distillation une houille perd tout son hydrogène, et que, d'autre part, plus elle est hydrogénée et plus (ainsi que l'ont constaté les analyses faites jusqu'à ce jour) les produits de sa distillation sont abondants, on fut d'avis qu'il suffirait de déterminer pour chaque houille la perte qu'elle éprouve par la distillation, puisque la classification, par ordre de perte à la distillation, donnerait aussi à peu près celle par ordre de qualité flambante. Un des membres se chargea de faire faire ce travail à l'École royale des mines.

La liste des objets dont on devait s'occuper dans cette réunion se trouvant épuisée, il fut arrêté qu'on se réunirait de nouveau aussitôt que tout serait disposé pour les expériences.

La cessation de tous travaux à la manufacture royale des tabacs, pendant une partie de décembre, cessation qui a lieu tous les ans à la même époque, à cause de l'inventaire général, des réparations urgentes à faire aux fourneaux et chaudières, etc., etc., apportèrent quelque retard à la confection et à la pose des appareils commandés par la commission, et toutes les dispositions prescrites ne purent être terminées que dans les premiers jours de janvier 1834.

Deuxième séance.

Le 8 janvier 1834, à neuf heures du matin, MM. les commissaires se réunirent de nouveau à la manufacture royale des tabacs.

D'abord il fut procédé à l'examen de toutes les pièces des appareils; on fit allumer le feu et fonctionner les appareils, afin de s'assurer qu'ils remplissaient le but désiré.

Ensuite, à la branche extérieure du tube recourbé servant à indiquer la hauteur de l'eau dans la chaudière, on fit coller une petite bande de

papier bleu répondant au niveau de l'eau dans son état habituel, *c'est-à-dire, lorsque la chaudière contient* 80 *hectolitres* (8.000 *litres*) *d'eau.*

Ces dispositions prises, on s'occupa du mode à suivre dans les expériences. Après une assez longue discussion, il fut convenu :

1° Que, comme le résultat qu'on obtiendrait serait d'autant plus exact que l'on aurait opéré sur une plus grande échelle, on prendrait pour terme de comparaison la quantité de vapeur d'eau produite pendant trois heures consécutives, et que le point de départ de ces trois heures serait celui où, par suite de la mise à feu du fourneau, la vapeur serait à la pression d'une atmosphère et un quart, *pression habituelle de la vapeur dans les chaudières dites à basse pression.*

2° Que pendant ces trois heures, le nombre de charges en houille (la première ayant lieu au point de départ) serait de 24, avec intermittence de l'une à l'autre de 7 minutes $\frac{1}{2}$ et chaque charge de 18 kil., ce qui ferait par heure 144 kilogr. de houille, quantité qui, d'après MM. les administrateurs, est la consommation moyenne à l'heure de chacun de ces fourneaux.

3° Qu'il serait également tenu compte de la température de l'eau de la chaudière avant la mise à feu du fourneau, ainsi que de celle de l'eau d'alimentation, du temps employé à chauffer le fourneau, du combustible consommé pour la mise à feu.

4° Qu'on ne ferait qu'une seule expérience par jour.

Enfin pour éviter toute erreur, ce mode d'expérience fut formulé ainsi qu'il suit :

Dispositions préliminaires du mode d'expérience.

Avant de procéder à une expérience, on examinera d'abord si l'eau de la chaudière est à son niveau habituel; et, si elle n'y est pas, on ajoutera ou on en ôtera la quantité nécessaire pour rétablir ce niveau (1).

On examinera ensuite la température de la chaudière et celle de l'eau d'alimentation, puis on fera apporter à pied d'œuvre 200 kil. de houille pour la mise à feu du fourneau, et 24 paniers contenant chacun 18 kil. de houille, pour servir à l'alimentation du fourneau pendant les trois heures de dégagement de la vapeur.

1re Période.

Cela fait, on allumera le feu et on continuera de l'alimenter avec les 200 kil. de houille, jusqu'à ce que la vapeur d'eau soit à la pression d'une atmosphère un quart.

2e Période.

Arrivé à ce point, on tiendra note du temps employé à la mise à feu ainsi que du combustible consommé, et, après avoir ouvert le robinet du tuyau de décharge (par lequel se dégage la vapeur d'eau produite), on commencera la charge régulière du foyer.

Pendant cette période, on alimentera par la pompe à bras, et de manière à entretenir, autant que faire se pourra, l'eau de la chaudière à son niveau primitif; mais un quart-d'heure avant la fin de l'opération, on cessera l'alimentation, pour qu'à la fin de ladite période l'injection dans la

(1) Ce n'est qu'à la première expérience qu'il peut y avoir un excédant d'eau dans la chaudière. Dans les expériences subséquentes, l'eau est toujours de quelques lignes au-dessous du niveau habituel; cela provient de ce qu'à la fin de chaque opération, l'eau est toujours à la température de 100 degrés centigrades, et que le lendemain elle n'est plus qu'à 80 degrés.

chaudière d'une grande quantité d'eau froide fasse cesser plus promptement les oscillations du niveau de l'eau.

Les trois heures de charge régulière expirées, on mettra le fourneau hors feu, c'est-à-dire qu'on nétoyera complétement la grille, et par l'injection de l'eau dans la chaudière, on en rétablira le niveau primitif, niveau qui, ainsi qu'on l'a dit plus haut, ne sera qu'approximatif. On mesurera ensuite l'eau introduite dans la chaudière, et le lendemain on ajoutera, au nombre trouvé la veille, ce qu'il aura fallu ajouter d'eau pour que les eaux de la chaudière soient rétablies au niveau qu'elles avaient avant que l'on commençât l'expérience, et on aura par là le rapport entre l'eau vaporisée et la houille (432 kil.) consommée dans la deuxième période.

Fin de l'expérience.

Il fut ensuite arrêté :

1° Que les expériences commenceraient le lendemain 9 janvier à neuf heures du matin, et qu'elles continueraient les jours suivants ;

2° Qu'aucune des expériences n'aurait lieu sans la présence d'un des membres de la commission ;

3° Qu'il serait écrit aux intéressés (les propriétaires des houilles françaises et les entreposeurs des houilles étrangères) pour les informer des jours et heures des expériences, et les inviter à y assister s'ils le désiraient.

Le 13 du même mois, MM. les commissaires se réunirent au domicile de l'un d'eux, pour se faire part de leurs observations sur les opérations qui avaient eu lieu les 9, 10 et 11.

Troisième séance.

Le résultat de ces observations fut que le mode d'expérience adopté pouvait donner lieu à quelques erreurs.

En effet, c'est à partir du moment où la vapeur d'eau est arrivée à la pression d'une atmosphère un quart que commence la deuxième période, celle où il est tenu compte de l'eau évaporée. Mais à ce point de départ, la grille peut être plus ou moins couverte de houille, dont partie peu ou point enflammée, et par conséquent n'ayant encore produit que peu ou point d'effet utile; cela dépend, soit de la qualité plus ou moins inflammable de l'espèce de houille soumise à l'expérience, soit du plus ou moins d'humidité du même bois et copeaux employés pour allumer le feu, soit aussi du plus ou du moins de fréquence des charges du chauffeur, et il en peut résulter de notables changements dans l'expression de la quantité de vapeur d'eau produite, et par suite l'altération du rapport entre l'eau vaporisée et la houille consommée.

Pour obvier à cet inconvénient, un membre proposa, lorsque toutes les expériences auraient été terminées d'après le mode prescrit, de les faire répéter suivant un autre mode, lequel ne différerait du premier qu'en ce que :

1° La totalité des deux quintaux métriques de houille serait employée à la mise à feu du fourneau; mais avec le soin d'ouvrir le robinet du tuyau de décharge, lorsque la vapeur d'eau aurait atteint la pression voulue;

2° A la fin de la deuxième période, au lieu de mettre le fourneau hors feu, on jetterait sur la grille toutes les escarbilles (le coke tombé dans le cendrier) produites pendant l'opération. On laisserait ensuite le feu s'éteindre de lui-même, et il serait tenu compte du poids des cendres obtenues.

Ce membre fit observer, que si ce mode ne pouvait donner la valeur absolue de la quantité d'eau vaporisée par une quantité déterminée de houille, du moins il donnerait le rapport exact entre l'eau vaporisée et la houille consommée, tant pour la mise à feu du fourneau que pour la vaporisation de l'eau ; rapport qui servirait à la classification des différentes espèces de houille suivant leur valeur calorifique.

Cette proposition fut adoptée par la commission. Les expériences, suivant le premier mode, eurent lieu les 9, 10, 11, 13, 21, 25 janvier, et le 17 février; celles suivant le deuxième mode, les 14, 15, 16, 17, 20, 31 janvier, et le 16 février.

Les tableaux, n°s 1 et 2, joints à ce rapport en font voir les résultats, savoir : le premier, les résultats du premier mode d'expériences; le second, ceux du deuxième mode. Dans l'un et l'autre tableau les expériences sont classées, non par ordre de date, mais suivant la valeur calorifique des houilles essayées.

On remarque que dans chacun de ces tableaux manque une expérience : dans le premier tableau, celle sur la houille dite *nouvel Anzin ;* dans le deuxième, celle sur la houille de *Blanzy*. Cela provient pour la houille dite nouvel Anzin, de ce que, comme on n'avait pu se procurer de ce combustible que la quantité nécessaire pour une seule expérience, on crut devoir donner la préférence à l'expérience suivant le deuxième mode. Quant à la houille de Blanzy, le faible résultat obtenu dans la première expérience et le discrédit dans lequel, depuis dix à douze ans, ce combustible est tombé à Paris, firent juger inutile

de le soumettre à une seconde expérience (1).

L'essai des houilles, sous le rapport de la perte qu'elles éprouvent à la distillation, perte qui représente leur richesse en matières volatiles, et qui, ainsi qu'on l'a dit ci-dessus, sert à la détermination de leur qualité flambante, fut fait à l'Ecole des mines, par M. Coste, préparateur de chimie.

Le tableau n° 3 ci-joint en fait connaître les résultats. Les houilles y sont classées par ordre de perte à la distillation, et par conséquent à peu près par ordre de qualité flambante.

Observations.

Examen du premier mode.

Dans le premier mode adopté par la commission, le chiffre qui représente pour chaque expérience la quantité d'eau vaporisée pendant la deuxième période n'est pas (ainsi qu'on l'avait d'abord espéré) l'expression de la puissance calorifique de la houille (432 kil.) jetée sur la grille pendant les trois heures de feu réglé. Il aurait fallu pour cela que la couche de houille, qui, au commencement de cette période couvrait la grille, n'eût pas été plus forte que celle qui la couvrait à la fin de cette même période, et que ces deux couches eussent été au même état d'ignition, et cela n'eut jamais lieu. On le reconnut d'abord à la vue et ensuite par l'eau vaporisée pendant la première heure, *quantité qui souvent était double de celle évaporée pendant chacune des deux autres heures.* Ainsi ce chiffre trouvé est l'expression de la puissance calorifique de 432 kil. de

(1) Cette houille est fréquemment divisée par des filets ou petites veines de chaux carbonatée et de fer sulfuré.

houille et de celle de la différence entre les deux couches de houille qui, au commencement et à la fin de cette période, couvrent la grille. Mais, comme on l'a déjà dit ci-dessus, cette différence, dépendant du plus ou du moins de facilité de la houille à s'embraser, de la fréquence des charges de houille pendant la mise à feu, etc., etc., est une grandeur variable *même pour la même espèce de houille qui serait expérimentée deux fois de suite.*

Il suit donc de là que le tableau des expériences, suivant le premier mode, ne peut servir, tel qu'il est et sans rectification, à déterminer la valeur calorifique relative des houilles;

Examen du deuxième mode.

Pour le deuxième mode, le chiffre de l'eau vaporisée dans chaque expérience n'est pas non plus la caractéristique de la valeur calorifique des 632 kilog. de houille consommée, puisque cette masse de combustible a eu deux effets à produire :

1° D'échauffer le fourneau et d'élever la vapeur d'eau à la pression voulue.

2° De vaporiser de l'eau. Mais, comme au commencement de chaque opération la température du fourneau était à peu de chose près la même, le premier effet est une grandeur constante, et il n'y a rien de variable que le second effet, lequel dans ses phases est toujours subordonné à la puissance calorifique de la houille essayée. Ainsi, pour ce second mode, la classification par ordre de quantité d'eau vaporisée par les houilles, se trouve aussi être celle par ordre de leur effet utile (1).

---

(1) Il eût été possible, par ce mode, d'avoir la valeur absolue de l'effet utile d'un kilogramme de chaque espèce de

En comparant entre eux les premier et deuxième tableaux, on voit quelle erreur on eût commise si, dans le premier tableau, la classification par ordre d'eau vaporisée eût servi de base à celle de l'effet utile, puisque la houille de Newcastle n'y occupe que le sixième rang, tandis que dans l'autre tableau elle s'y trouve au second rang.

Rectification du premier mode.

Il existerait un moyen de rectifier complétement le premier tableau, du moins de le modifier de manière à ce qu'il approchât plus près de la vérité. Ce serait de supposer, pour chaque expérience, que la quantité employée dans la première période eût été de 190 kil. (*maximum* employé dans une des expériences, celle sur la houille de Denain), de multiplier la différence entre la consommation réelle et celle supposée par le nombre indiquant, dans l'expérience correspondante du tableau n° 2, la quantité d'eau vaporisée par un kilog. de houille (quantité au-dessous de la force calorifique réelle, puisqu'elle est affectée de la perte du calorique employé, tant à chauffer la chaudière qu'à amener la vapeur à la pression requise), et d'ajouter ensuite ce produit au résultat du premier tableau.

Le nouveau tableau qu'on obtiendrait (*voy.* n° 4) différerait beaucoup moins du deuxième tableau que le premier n'en diffère.

---

houille. Il eût suffi pour cela de procéder *pour chaque houille* à une seconde expérience dans laquelle on n'aurait consommé que 232 kilog. de houille, de retrancher ensuite la quantité d'eau évaporée qu'elle aurait donnée de celle trouvée pour la combustion des 632 kilog. de houille, et d'en prendre le quatre-centième.

Imperfection de toute expérience faite en grand.

En terminant l'examen des expériences, la commission se croit obligée de faire connaître que, quelque soin, quelque précaution qu'elle ait apportés dans ses travaux, les résultats obtenus ne sauraient être d'une exactitude mathématique, parce que le fourneau aurait dû subir des variations dans ses diverses parties, suivant les diverses espèces de houille, et se trouver ainsi le mieux approprié possible pour chacune d'elles.

Par exemple, la grille du fourneau aurait dû être neuve, à barreaux bien droits et non tordus. La distance d'un barreau à l'autre aurait dû varier suivant la qualité des houilles *grasse, demi-collante ou sèche*. La quantité de houille à consommer par heure étant fixée, les grilles auraient dû avoir moins de superficie pour les houilles faciles à s'embraser.

On a aussi trouvé que la quantité (144 kilog.) de houille, assignée par MM. les administrateurs pour la consommation moyenne à l'heure, paraissait insuffisante pour une houille pure (sans mélange de matière étrangère), et que dans les dernières heures de l'opération, la couche de houille qui couvrait la grille était trop faible, ce qui aura pu donner lieu à une introduction d'air excédant les besoins de la combustion, et par suite refroidir le fourneau et diminuer la quantité d'eau vaporisée, etc., etc., etc.

Mais ces causes d'erreurs, qui accompagnent toujours les expériences faites en grand, n'ont pu, on l'espère, affecter d'une manière sensible le rapport entre les effets utiles des houilles soumises aux expériences, rapport qui était le but principal de la mission qu'on avait à remplir.

Conclusions.

De l'examen, sous le double rapport de leur qualité flambante et de leur effet utile, des houilles françaises et étrangères qui se trouvent sur le marché de Paris, il suit :

1° Que sous le rapport de la qualité flambante,

La houille française de *Blanzy* l'emporte sur la houille anglaise de *Newcastle*;

La houille anglaise et celle de Belgique (*Flenu* première qualité, et *Buisson* ou *Mathon*) sont supérieures à toutes les autres houilles françaises d'*Anzin*, de *Denain* et de *Decize*.

2° Que sous le rapport de l'effet utile produit pour le service des machines à vapeur, et dans l'état actuel des fourneaux (non fumivores),

La houille, dite *ancien Anzin*, est préférable à toutes les houilles étrangères ;

Les houilles de Belgique sont inférieures aux houilles françaises essayées, celle de *Blanzy* exceptée.

3° Que les houilles les plus flambantes, *surtout les sèches, ou autrement dit les non-collantes* (1), ne sont pas toujours celles dont l'effet utile produit soit le plus grand (2).

D'où l'on se trouve amené à cette conclusion :

---

(1) Les houilles non collantes se divisant par la chaleur en feuillets souvent très-minces, laissent dégager presque instantanément une grande quantité de matières hydrogénées, dont la presque totalité échappe à la combustion.

(2) Ce fait, du peu d'avantage que présentent des

Qu'il n'est point vrai, comme on le prétend, que *pour le service des machines à vapeur*, telle houille étrangère, à raison de sa propriété flambante, soit tellement indispensable que, quels que fussent le taux du tarif et la relation des prix, on se trouvât toujours dans la nécessité d'y avoir recours. Qu'au contraire ladite houille étrangère fût-elle à un prix inférieur, certaines houilles françaises lui seraient encore préférables.

Nota. La commission doit faire observer que cette supériorité, déduite de ses expériences, de houilles peu hydrogénées sur des houilles très-hydrogénées, n'est point *absolue*.

Ainsi, d'une part, elle ne peut avoir lieu dans le cas où les chauffes (*alandiers*) se trouvent extérieures aux fourneaux et où le combustible n'agit que par la réverbération de la flamme ; tels que les fours à porcelaine, à faïence, etc. Car de même que, pour ce service, force est, quand on se sert de bois, d'employer l'essence qui dans sa combustion développe la flamme la plus allongée, de même aussi, quand c'est de la houille, est-il indispensable d'avoir recours à la plus flambante.

Et d'autre part, cette supériorité ne saurait être que conditionnelle pour les machines à vapeur. Car si, comme l'expérience vient de le démontrer, elle a lieu dans l'état actuel des choses (avec des fourneaux à chaudière exhalant beau-

---

houilles très-hydrogénées dans le chauffage des chaudières à vapeur, est bien reconnu en Angleterre; aussi la houille dite *cannel-coal*, si éminemment flambante, n'y est-elle jamais préférée pour le service des machines à vapeur.

coup de fumée), il est très-probable que, dans des fourneaux complétement fumivores, la houille très-flambante reprendrait le rang dû à sa richesse en hydrogène.

Expériences comparatives faites sur des houilles françaises et étrangères sous le rapport de leur valeur calorifique.

DATES des expériences.	HOUILLES.		TEMPÉRATURE		PREMIÈRE PÉRIODE.		EAU
	Désignation.	Origine.	de l'eau de la chaudière.	de l'eau d'alimentation.	Temps employé pour chauffer la chaudière et élever la température de la vapeur à 1 atmosphère $\frac{1}{4}$.	Houille jetée sur la grille.	vaporisée pendant la deuxième période.
			deg. cent.	deg. cent.	minutes.	kilog.	litres.
Janv. 21	Houille dite ancien Anzin. (Très-collante.)	De France (Nord).	80	10	30	175	3658
9	Houille de Denain. (Collante.)	De France (Nord).	80	10	55	190	3656
10	Houille de Decize. (Collante.)	De France (Nièvre).	80	10	25	158	3355
13	Houille dite flenu, 1re variété. (Sèche.)	De Belgique.	80	10	38	183	3216
25	Houille des veines de Mathon et du Buisson. (Légèrement collante.)	De Belgique.	80	10	45	180	3215
Février 17	Houille de Newcastle. (Collante.)	D'Angleterre.	69,50	10	30	148 et par rectification 128 (1).	3204
Janv. 11	Houille de Blanzy. (Sèche.)	De France (Saône-et-Loire).	80	10	40	185	2768

(1) Un accident arrivé la veille (16 février) à la pompe alimentaire, n'avait pas permis de rétablir, à la fin de l'opération dudit jour, le niveau des eaux de la chaudière, et pour opérer ce rétablissement le 17, on fut obligé d'injecter dans la chaudière 1200 litres d'eau, ce qui fit tomber le degré des eaux de 80 à 69°,50 et occasionna une perte de 84.000 calories, laquelle dut exiger pour la première période, et en prenant pour base approximative de la puissance calorifique de la houille de Newcastle le nombre 61,51 donné par le tableau n° 2, un excédant d'environ 20 kil. de houille. D'où il suit qu'on ne doit porter qu'à environ 128 kil. la quantité de houille nécessaire pour la première période.

TABLEAU N° 2.

Expériences comparatives faites sur des houilles françaises et étrangères sous le rapport de leur valeur calorifique.

DATES des expériences.	HOUILLES. Désignation.	HOUILLES. Origine.	EAU VAPORISÉE pour une consommation de 632 kil. de houille, dont partie a été employée pour la mise à feu du fourneau, et pour élever la vapeur d'eau à la pression de 1 atm. ½.	EAU VAPORISÉE par kilogramme de houille.	QUALITÉ flambante.	POIDS des cendres, scories, parcelles de coke sur 632 kil. de houille.	OBSERVATIONS.
			litres.	litres.			
Janv. 14	Houille dite ancien Anzin. (Très collante.)	De France (Nord).	4205	6,61	Flamme très-courte.	49	
Février 16	Houille de Newcastle. (Collante.)	Angleterre.	4120	6,51	Flamme très-longue.	44	
Janv. 15	Houille de Denain. (Collante.)	De France (Nord).	4008	6,34	*Id.*	52	
20	Houille dite nouvel Anzin. (Collante.)	De France (Nord).	3917	6,19	*Id.*	36	
16	Houille de Decize. (Collante.)	De France (Nord).	3782	5,98	Flamme longue.	64	
31	Houille des veines de Mathon et du Buisson. (Légèrement collante.)	De Belgique.	3730	5,90	*Id.*	60	
17	Houille dite Flenu, 1re variété. (Sèche.)	De Belgique.	3386	5,35	Flamme très-longue.	60	

TABLEAU N° 3.

Expériences comparatives faites sur des houilles françaises et étrangères sous le rapport de la perte à la distillation, perte qui a servi à classer ces houilles par ordre à peu près *de leur qualité flambante.*

HOUILLES. Désignation.	HOUILLES. Origine.	PERTE à la distillation pour 100 parties, ou matières volatiles pour 100 parties.	OBSERVATIONS.
Houille de Blanzy.	De France (Saône-et-Loire).	44	
Houille de Newcastle (1).	D'Angleterre.	39,50	(1) Cette houille présentait trois variétés plus ou moins riches en matières volatiles ; on a donné ici la moyenne.
Houille dite Flenu, 1re var.	De Belgique.	39	
Houille de Decize.	De France (Nièvre).	36,50	
Houille des veines de Mathon et du Buisson.	De Belgique.	36	
Houille dite Flenu, 2e var. (2)	*Id.*	35,50	(2) Cette houille, d'un noir de velours, plus friable que le flenu sec, tachant les doigts et demi-collante, ne se trouve qu'accidentellement sur la place de Paris. On n'a pu s'en procurer une quantité suffisante pour une expérience.
Houille dite nouvel Anzin.	De France (Nord).	34,50	
Houille de Denain.	*Id.*	32,50	
Houille dite ancien Anzin.	*Id.*	25,50	

TABLEAU N° 4.

Rectifications approximatives des nombres indiquant dans le tableau n° 1 l'eau vaporisée pendant la deuxième période.

(Rectification faite d'après le tableau n° 2, et en supposant que pour chaque expérience la quantité de houille employée pendant la première période a été de 190 kilogrammes.)

DATES des expériences.	HOUILLES.		TEMPÉRATURE		PREMIÈRE PÉRIODE.		EAU vaporisée pendant la deuxième période
	Désignation.	Origine.	de l'eau de la chaudière.	de l'eau d'alimentation.	Temps employé pour chauffer la chaudière et élever la vapeur à la pression d'une atmosphère $\frac{1}{4}$.	Houille jetée sur la grille.	
			deg. cent.	deg. cent.	minutes.	kilogr.	litres.
Janv. 21	Houille dite ancien Anzin.	De France (Nord).	80	10	30	190	3.757
9	Houille de Denain.	*Id.*	*Id.*	*Id.*	55	*Id.*	3.656
Février 17	Houille de Newcastle.	D'Angleterre.	*Id.*	*Id.*	22 par approximation.	*Id.*	3.610
Janv. 10	Houille de Decize.	De France (Nièvre).	*Id.*	*Id.*	25	*Id.*	3.546
25	Houille des veines de Mathon et du Buisson.	De Belgique.	*Id.*	*Id.*	45	*Id.*	3.273
13	Houille dite Flenu, 1re variété.	*Id.*	*Id.*	*Id.*	38	*Id.*	3.253

NOTICE

Sur l'emploi de l'anthracite dans les hauts-fourneaux à fer du pays de Galles;

Par M. A. DAUBRÉE, Aspirant-ingénieur des mines.

Jusqu'à ces derniers temps, l'anthracite qui est exploitée dans le sud-ouest du pays de Galles, n'avait pas été employée à la fabrication de la fonte. Quoiqu'elle ne décrépite pas violemment comme l'anthracite des Alpes, les diverses tentatives que l'on avait faites pour brûler ce combustible, soit seul, soit en le mélangeant avec du coke, n'avaient conduit à aucun résultat satisfaisant. On n'avait pas pu parvenir à dépasser la proportion de $\frac{3}{5}$ d'anthracite pour $\frac{2}{5}$ de coke, sans refroidir considérablement le fourneau. Ainsi on s'était vu réduit à abandonner ce genre d'essais.

Il y a seulement un an que M. Georges Crane, propriétaire de l'usine d'Yniscedwyn, près Swansea, conçut l'idée vague que l'emploi de l'air chaud pourrait résoudre cette difficulté. La question était d'autant plus intéressante pour lui, que son usine, située dans la partie anthraciteuse du bassin, était forcément alimentée avec du coke qui venait d'une assez grande distance. Le premier essai qu'il tenta en février 1837, avec de l'anthracite seule, réussit immédiatement, au delà même de ce qu'il espérait.

Avant de faire connaître l'heureuse influence du nouveau procédé sur l'allure et les produits du haut-fourneau, je crois convenable de parler d'a-

bord des circonstances où l'on se trouve dans cette localité. Je terminerai en examinant comparativement les propriétés de l'anthracite d'Angleterre et celles de l'anthracite des Alpes, afin que l'on puisse juger du degré de probabilité qu'il y a de parvenir en France à un semblable résultat.

Anthracite du pays de Galles. Son gisement.

La plus grande partie de la houille que fournit le bassin du sud du pays de Galles est plus ou moins bitumineuse; mais à mesure que l'on s'avance vers l'ouest, on rencontre à la partie inférieure de la formation houillère proprement dite, *coal-measures*, des couches de plus en plus sèches; et les dix couches les plus profondément situées, celles qui se trouvent un peu au-dessus des couches des mines de fer superposées au *millstone-gritt*, fournissent un combustible qui possède les caractères généralement attribués à l'anthracite, et appelé pour cela *stone-coal* (charbon-pierre). Jusqu'à présent on n'a pas expliqué d'une manière satisfaisante cette singulière variation : le pays ne présente, au moins à sa surface, aucune roche d'origine ignée.

Caractères physiques.

Ce combustible est dur; cependant il se brise avec bien moins de difficulté que certaines variétés d'anthracite compacte de Lamure. Ordinairement il est d'un noir tirant un peu sur le gris; son éclat est semi-métallique; sa cassure est vitreuse et conchoïde, et elle ne tache nullement le papier. Les couches, prises en grand, sont partagées par des fissures perpendiculaires à leur plan, mais les morceaux moyens ne présentent dans leur structure qu'une apparence de schistosité parallèle à la stratification. La densité des morceaux purs est de 1,348.

Propriétés chimiques.

Soumise à une température un peu supérieure à

100°, l'anthracite d'Yniscedwyn abandonne 0,03 d'eau pure. Quand on la chauffe graduellement dans une petite cornue de verre, jusqu'à ramollissement de celui-ci, il se dégage, après la vaporisation de l'eau, une très-petite quantité d'une huile jaune-pâle et transparente. Cette calcination fait perdre au combustible 0,06 de son poids; mais si on opère dans un creuset, et que l'on chauffe fortement, il perd 0,07 à 0,08. Il laisse après sa combustion au moins 0,016 de cendres qui sont ordinairement d'un jaune clair.

Un morceau exempt de pyrites, analysé par M. Regnault, a été trouvé composé, déduction faite de 1,58 de cendres, de :

Hydrogène	3,38
Carbone.	94,05
Oxygène et azote. . .	2,57
	100,00

Son pouvoir calorifique a été déterminé au moyen de la réduction de la litharge. 1 gr. a donné 32 gr. de plomb métallique. Ainsi son pouvoir calorifique, exprimé en calories, est de 7360, et l'on sait que celui du charbon pur est de 7815; ce premier nombre n'est sans doute guère dépassé par le pouvoir d'autres espèces de combustibles végétaux ou minéraux. Les matières volatiles n'équivalent qu'à 0,02 de carbone. Pouvoir calorifique.

Quand elle commence à brûler, l'anthracite du pays de Galles s'entoure d'une flamme claire, courte, et sans fumée, qui ne dure que très-peu de temps. C'est alors que ce combustible se fendille, sans changer de forme; mais les morceaux se conservent entiers, si on les chauffe lentement et graduellement, dans un bain d'huile, Sa manière de brûler.

par exemple. Après avoir subi cette sorte de distillation, l'anthracite continue à se consumer avec lenteur, en se couvrant de cendres.

Anthracite pyriteuse

Une portion de l'anthracite employée à Yniscedwyn, celle qui provient de la couche appelée *Brass-Vein*, renferme quelquefois une quantité assez notable de pyrite de fer, qui y est disséminée, tantôt d'une manière visible à l'œil nu, tantôt en particules presque indiscernables. On l'emploie concurremment avec l'autre variété, quand on ne cherche pas à obtenir des fontes de première qualité; mais alors on lui fait subir une calcination préalable, qui n'a d'autre but que d'expulser une portion de son soufre. Pour cela, on dispose le combustible en tas, comme dans la fabrication du coke, en ménageant une cheminée à son centre. L'opération dure trois ou quatre jours.

Autres usages de l'anthracite.

On exporte une assez grande quantité de cette anthracite pour sécher la drèche; parce qu'elle ne produit pas de fumée. Les brasseurs et les distillateurs de Londres s'en servent en la mélangeant avec du charbon de Newcastle. On l'emploie aussi à l'état de mélange pour le service des machines à vapeur.

Nature du minerai.

Le minerai employé à Yniscedwyn, est celui qui se trouve abondamment en rognons et en couches minces dans l'argile schisteuse de la formation houillère. Il renferme fréquemment des pyrites et de l'acide phosphorique; l'analyse m'a donné 0,004 pour la proportion moyenne de cette dernière substance.

La richesse du minerai cru varie de 18 à 55 pour cent, quand il a été séparé, par une exposition prolongée à l'air, de l'argile qui y adhère. Le

mélange prêt à être grillé a une richesse moyenne de 30 à 33 pour cent; il perd par le grillage de 20 à 30 pour cent, de sorte qu'après qu'il a subi cette opération, le minerai renferme à peu près 40 pour cent de fer. J'ai trouvé pour la composition moyenne du minerai grillé :

Peroxide de fer. .	61,01	
Chaux. . . . . . : .	1,71	
Alumine.	4,58	argile.
Silice	27,60	
Matières volatiles.	5,20	
	100,00	

On emploie pour castine un calcaire compacte, d'un gris noirâtre, qui se trouve à peu de distance de l'usine dans les couches du calcaire dit carbonifère (*carboniferous limestone*); c'est la formation qui supporte le terrain houiller proprement dit. Nature de la castine.

Les essais avec l'anthracite ont été faits dans un haut-fourneau qui était destiné à être démoli; parce qu'il exigeait une trop forte consommation de combustible. La charge de 3 quintaux $\frac{1}{2}$ de coke au lieu de porter comme dans les deux autres hauts-fourneaux 5 ou 5 $\frac{1}{2}$ quintaux de minerai calciné n'en fondait plus guère que 3 à 3 $\frac{1}{2}$, selon la nature de la fonte que l'on voulait obtenir. Cette circonstance n'est pas inutile à remarquer. Du haut-fourneau.

Comme la machine soufflante fournit ordinairement de l'air à d'autres hauts-fourneaux et à des cubilots, je n'ai pas pu connaître le volume et la vitesse de l'air qui sert actuellement à l'alimentation. Mais je sais que la machine qui a été commandée par M. Crane, en remplacement de celle-ci, donnera habituellement aux trois hauts- Machine soufflante.

fourneaux qui marcheront à l'anthracite 10,500 pieds cubes d'air à la pression de 2 $\frac{1}{2}$ livres anglaises par pouce carré, ce qui équivaut à peu près à 12 $\frac{1}{2}$ centimètres de mercure; dans la plus grande partie des hauts-fourneaux de ce pays, la pression varie entre 2 livres et 2 livres $\frac{1}{4}$.

Appareil pour le chauffage de l'air.

L'air avant d'arriver à la tuyère est chauffé à la température de 620 degrés de Fahrenheit (310° cent.), au moyen d'un appareil assez analogue à celui de l'usine de Calder, mais qui paraît préférable à ce dernier à raison de quelques modifications de détails.

Marche actuelle du haut-fourneau.

Tous les indices s'accordent à montrer que la principale différence entre l'allure actuelle du haut-fourneau, et l'allure qui correspond ordinairement au travail au coke et à l'air froid, consiste dans un accroissement très-considérable de la température vers le bas du fourneau. La partie de cette amélioration qui doit être attribuée à la modification du combustible, est due non-seulement au fort pouvoir calorifique de l'anthracite, mais aussi à sa densité qui est bien supérieure à celle du coke. On conçoit que ces deux causes doivent développer une température beaucoup plus haute que dans tout autre cas, dès que l'on peut donner à la combustion une énergie convenable; et c'est à quoi on est parvenu au moyen de l'air chaud.

Autrefois la formation de la fonte de moulage correspondait à une tuyère assez obscure; actuellement la tuyère est toujours très-brillante; tellement qu'au premier abord, on peut à peine distinguer les matières qui sont dans l'intérieur du fourneau. Cependant, on y voit passer de temps en temps, au milieu des gouttelettes de laitier, des fragments d'anthracite à peine consumés; mais la

quantité en est trop peu considérable pour que cela nuise au travail. On en retire par jour 150 ou 160 kilogrammes que l'on emploie dans le cubilot.

Au contraire, la température du fourneau, dans les parties voisines du gueulard, ne semble pas, à beaucoup près, aussi haute qu'elle l'était lors du régime précédent. Il ne se dégage de l'orifice de la cuve qu'une légère flamme, qui est à peine visible en plein jour, et les charges supérieures conservent pendant longtemps une teinte sombre. Il est remarquable qu'une température si élevée vers le bas, et un vent fort, ne causent pas une déperdition considérable de calorique. La faible consommation en charbon, mieux encore que le caractère qui vient d'être cité, montre qu'il doit en être ainsi. Température vers le gueulard.

Enfin il sort presque constamment de dessous la tympe une flamme blanchâtre de deux ou trois pieds de hauteur, exhalant une légère odeur sulfureuse; son intensité résulte de la concentration de la chaleur vers les tuyères. Flamme de la tympe.

Depuis l'emploi de l'anthracite, on a réduit de $\frac{1}{4}$ la proportion de la castine sans que les laitiers cessassent d'être bien fondus. Nature des laitiers.

Ceux qui proviennent du travail actuel sont ordinairement vitreux, les fragments en sont translucides vers les bords. Ainsi que la plupart des laitiers formés à une très-haute température, ceux-ci présentent une tendance remarquable à cristalliser; la cassure, qui dans son ensemble est éminemment vitreuse et d'un gris tirant sur le vert, présente très-souvent des mouchetures d'un vert pistache clair, à aspect lithoïde et lamelleux, qui sont irrégulièrement disséminées dans toute

la masse. En les examinant avec attention, on voit que ce sont des agglomérations confuses de petits cristaux qui semblent avoir la forme du péridot ou de l'idocrase.

La masse de ces laitiers est composée de :

Silice.	44,6
Chaux	30,8
Magnésie	3,8
Alumine.	15,8
Protoxide de fer	3,1
Soufre	0,0011
	98,1011

Cette composition ressemble à celle des laitiers obtenus à Dowlais par une bonne marche du fourneau avec un minerai analogue; cependant les températures paraissent être fort différentes dans les deux cas.

Idées théoriques à ce sujet.

Tous les caractères de l'allure du fourneau qui viennent d'être indiqués confirment bien la manière dont M. Berthier a expliqué les effets de l'air chaud (*Annales de chimie*, 1835). Le principal rôle de cet agent, selon M. Berthier, est d'exalter les forces de combinaison; l'air acquérant, par son échauffement une grande augmentation d'énergie chimique, ainsi que cela se remarque pour la plupart des gaz, se dépouille dès les premiers instants d'une plus forte quantité d'oxygène que s'il était froid. L'expérience montre d'ailleurs que cet accroissement d'intensité de la combustion fait bien plus que compenser la diminution considérable dans la densité de l'air, au moins entre certaines limites. Par conséquent, la température, qui, dans un même espace rempli de combustible, est sensiblement proportionnelle à la quantité de ce combustible que l'on brûle dans l'u-

nité de temps, doit être beaucoup plus élevée dans le premier cas que dans le second. De plus, l'air se trouvant dépouillé de son oxygène à une hauteur peu considérable, les parties supérieures ne sont plus échauffées que par le calorique cédé par les gaz. De là il résulte qu'il doit se concentrer une très-haute température dans l'ouvrage, tandis que les parties supérieures sont moins échauffées que dans d'autres hauts-fourneaux.

La fonte coule tranquillement en sortant du foyer. Elle est alors très-blanche, et elle a une liquidité presque parfaite qu'elle conserve plus longtemps qu'autrefois. Refroidie, elle est grise, à grain moyen, facile à limer; elle s'aplatit sensiblement sous le marteau. La tenacité de cette fonte est fort grande; M. G. Crane prétend qu'elle est environ de 25 p. % plus tenace que la fonte auparavant obtenue à la même usine et avec le même minerai; il dit même que toute la principauté de Galles n'en produit pas qui lui soit supérieure sous ce rapport. Cette propriété, jointe à ce qu'elle est plus fluide et qu'elle se fige plus lentement que celle qui provient du travail au vent froid, la rend très-propre à être employée pour mouleries; et c'est à cet usage qu'elle est exclusivement destinée, excepté, toutefois, celle qui est fabriquée avec de l'anthracite trop sulfureuse. Nature de la fonte.

Il y a lieu de s'étonner que de la fonte obtenue avec un combustible sensiblement plus pyriteux que le coke ordinaire, soit d'une qualité supérieure à celle de la fonte que l'on fabrique communément dans le pays. Cette désulfuration plus complète de la fonte est probablement dûe en partie au grand accroissement de la température dans l'ouvrage. Car, d'après M. Berthier, l'excès

de base qui réagit sur le sulfure de fer, en décompose une proportion d'autant plus forte que la température est plus élevée. L'échantillon de laitier qui a été analysé ne renfermait à la vérité que 0,001 de soufre, mais à en juger par l'odeur d'hydrogène sulfuré qui se dégage généralement quand on arrose le laitier d'eau, il est probable qu'il en contient moyennement une plus grande proportion.

Ce fait prouve, avec d'autres maintenant bien reconnus, qu'une fonte obtenue à l'air chaud peut avoir autant de tenacité que celles qui proviennent d'un travail à l'air froid, dans des circonstances analogues. M. G. Crane, qui partageait le préjugé contraire, ainsi que la plupart des propriétaires d'usines d'Angleterre, a été aussi surpris que satisfait de cette prétendue anomalie, et il n'a pas manqué d'attribuer cette amélioration à une propriété inhérente à son anthracite.

Sa composition

On a déterminé les quantités de carbone, de silicium, de soufre et de phosphore que renferme la fonte d'Yniscedwyn, et on a trouvé qu'elle contient :

Carbone.	0,0230
Silicium.	0,0130
Soufre.	0,0030
Phosphore.	0,0048
	0,438

Cette fonte se rapproche assez, par sa faible proportion de carbone, d'une fonte anglaise de première qualité pour mouleries, qui a été analysée par M. Berthier; mais cette dernière renfermait plus de silicium. Ce résultat est d'accord avec les conclusions que M. Karsten a déduites d'expériences faites à Kœnigshütte sur des hauts-

fourneaux marchant au coke, savoir : que le contenu en carbone de la fonte diminue à mesure que la température augmente. Cette dernière assertion est elle-même bien confirmée par les analyses récemment faites par le docteur Thomson. (*Ann. des mines*, t. XIII, p. 662.)

D'après M. G. Crane, la production du fourneau qui était autrefois d'environ 24 à 25 tonnes par semaine, s'est élevée à 34 et jusqu'à 39 tonnes. Mais comme l'ancienne production est faible, comparativement à celle des hauts-forneaux du pays, cette augmentation aurait été probablement moindre, si le fourneau avait eu une bonne allure à l'air froid. Production hebdomadaire.

Dans le fourneau où autrefois on brûlait de 4 à 5 tonnes de houille, à raison de 4 sh. 6 d. (5 fr. 60) la tonne, pour produire une tonne de fonte, on ne consomme actuellement, d'après une moyenne de trois mois, qu'une tonne sept quintaux d'anthracite (non compris celle qui est employée pour chauffer l'appareil à air chaud et pour griller le minerai). L'anthracite de la meilleure qualité vaut 5 sh. (6 fr. 25) la tonne; mais l'anthracite telle qu'on la brûle ordinairement, ne coûte que 3 sh. 6 d. (4 fr. 35); ainsi la dépense en combustible a été réduite, à peu près dans le rapport de 18 à 5. Consommation en combustible.

Cette consommation d'anthracite de 1,35 pour produire 1 de fonte, est bien inférieure à celle de toutes les usines voisines où l'on travaille au coke, et cependant il semblerait au premier abord, qu'avec une température aussi élevée vers le bas du fourneau, un combustible aussi compacte, les gaz provenant de la combustion devraient entraîner une déperdition considérable de

calorique; mais l'explication du rôle de l'air chaud, qui a été citée plus haut, montre pourquoi il n'en est pas ainsi, et en même temps elle se trouve en quelque sorte vérifiée par ce cas extrême. D'abord la combustion se faisant énergiquement dans le creuset, il n'est pas nécessaire, pour un même poids de combustible, d'y injecter autant d'air qu'on le fait généralement, ce qui évite déjà une forte déperdition de chaleur; en outre, les gaz arrivant aux étalages à très-peu près épuisés en oxygène, ne peuvent plus y occasionner une combustion sans utilité, et les matières de la cuve devront être en grande partie échauffées par le seul contact de ces gaz.

Résumé des avantages provenant de l'emploi de l'anthracite.

On a reconnu, par tout ce qui précède, combien la fabrication de la fonte, au moyen de l'anthracite, a présenté d'avantages sur l'ancien mode de travail, tant sous le rapport de l'économie que sous le rapport de la qualité de la fonte.

1° On a utilisé un combustible qu'on avait sur les lieux, et dont le prix est moindre que celui de la houille, et à plus forte raison que le prix du coke; et en outre on en a consommé une moindre proportion; cette double cause a fait réduire la dépense en combustible à peu près dans le rapport de 18 : 5.

2° La production hebdomadaire s'est moyennement élevée dans le rapport de 25 à 35.

3° Enfin la fonte a très-sensiblement gagné en qualité comme fonte de moulage.

Conditions comparatives du pays de Galles et du département de l'Isère.

L'anthracite que l'on trouve dans diverses parties de la France et du continent n'a pas identiquement les mêmes propriétés que celle du pays de Galles; de sorte que le succès complet obtenu à Yniscedwyn ne peut malheureusement pas encore

assurer un semblable résultat dans d'autres localités où cette solution aurait beaucoup d'importance.

On sait que dans le département de l'Isère, le minerai se trouve en assez grande abondance non loin du combustible minéral, et que c'est cette circonstance qui a provoqué en 1833 des essais qui n'ont résolu la question que scientifiquement.

Propriétés de l'anthracite de Lamure qui est la plus convenable pour un haut-fourneau.

L'anthracite de Lamure (1) est excessivement dure, plus encore que celle du pays de Galles, et par conséquent très-difficilement combustible; mais son défaut le plus grave est de décrépiter avec violence par l'effet de la chaleur, à moins toutefois que l'élévation de température ne soit très-lentement graduée, ce qui ne peut avoir lieu dans un foyer.

Quand elle est de bonne qualité, elle renferme à peu près 4 p. $\frac{0}{0}$ de matières terreuses; dans les autres variétés, la proportion de ces matières dépasse rarement 10 p. $\frac{0}{0}$.

Un échantillon très-pur, analysé par M. Regnault, a été trouvé composé, abstraction faite des cendres, de

Hydrogène.	1,75
Carbone.	94,07
Oxygène et azote. . . .	4,18
	100,00

L'anthracite du pays de Galles renferme, comme on le voit, plus d'hydrogène; aussi elle se rapproche davantage des houilles ordinaires, par sa composition chimique, comme par son gisement.

(1) On trouve à Lamure des variétés d'anthracite très-différentes les unes des autres; il ne s'agit ici que de celle qui a éte employée de préférence dans les essais de Vizille.

Essais comparatifs sur la manière dont brûlent les deux anthracites.

Quoique des expériences de laboratoire ne soient sans doute pas suffisantes pour conclure quelque chose de positif sur le résultat à attendre dans un haut-fourneau, j'ai cru cependant utile de faire quelques essais comparatifs sur l'anthracite d'Angleterre, et sur celle de Lamure. Voici les principaux résultats de ces essais.

1° Quand on chauffe ces deux sortes d'anthracite dans un bain d'huile, jusqu'à une température de 115° à 120°, il s'en dégage de l'eau pendant longtemps, et après avoir maintenu pendant plusieurs heures le thermomètre à ce degré, on trouve que l'anthracite de Lamure a perdu. . . . . 5,1 p. 0/0
et celle d'Yniscedwyn. . . . . 3,8 p. 0/0

2° Si ensuite on élève la température jusqu'à environ 190 ou 200°, l'anthracite du pays de Galles abandonne 1,12 pour cent d'une huile d'un jaune clair, comme on l'a déjà vu ; tandis que celle de Lamure n'en produit pas sensiblement ; c'est là une différence assez importante.

3° La température s'élevant jusqu'à 360°, point de l'ébullition de l'huile, les deux combustibles ne perdent guère davantage de leur poids.

4° Les deux morceaux ayant été ainsi échauffés, si on les place ensuite dans un têt pour les faire brûler, l'anthracite de Lamure se met à décrépiter avec beaucoup de bruit, avant même que le têt ne commence à rougir ; quoique cette action soit assez violente, il est cependant rare que le morceau se divise en plusieurs fragments ; on n'y aperçoit pas même à l'œil nu de trace de fendillement, à moins toutefois qu'on ne jette subitement le combustible froid au milieu de

charbons bien allumés. Quant à l'anthracite de Yniscedwyn, elle fait aussi entendre quelques pétillements; mais ceux-ci sont bien plus faibles et moins nombreux que dans l'anthracite des Alpes.

5° Enfin si l'on porte la température au rouge décidé, la combustion a lieu; et, ainsi qu'on pouvait le prévoir d'après la composition des deux combustibles, et la différence de leurs densités, l'anthracite d'Angleterre commence à brûler avant celle de Lamure.

On voit, d'après le fait cité au n° 4, que la propriété de décrépiter semble due en grande partie à la structure serrée de l'anthracite, et à sa faible conductibilité pour la chaleur; de sorte que si l'on chauffe brusquement cette substance, diverses parties contiguës de la masse se dilateront inégalement et tendront à se désunir; cette action intestine pourra être assez puissante pour que le morceau se fendille ou se brise. Mais, en outre, l'eau qui s'en dégage à l'état de vapeur, en plus ou moins grande quantité, contribuera aussi, par sa force expansive, à faire éclater l'anthracite.

D'après M. Robin, il paraît qu'à Vizille la rupture des morceaux était facilitée par la présence de veinules blanchâtres, principalement calcaires, qui divisent la masse en tous sens.

Hypothèse sur l'emploi de l'air chaud avec l'anthracite de Lamure.

Il a déjà été dit que, dans le travail du fourneau d'Yniscedwyn, la chaleur est fort concentrée vers la partie inférieure, et qu'elle paraît être au gueulard très-sensiblement moindre que d'ordinaire. Le charbon s'échaufferait donc plus graduellement qu'au travail à l'air froid; mais il est probable cependant que cette seule différence n'atténuerait pas beaucoup les effets de la décrépitation.

Or les essais faits à Vizille, il y a quelques années, ont fait voir que la décrépitation était un grave inconvénient. Le menu charbon ainsi produit se logeait entre les gros fragments, et opposait souvent une telle résistance au courant d'air, que celui-ci était refoulé et s'échappait en partie par les tuyères et par la tympe; quelquefois il décarburait en partie la fonte qui se trouvait dans le creuset. Cependant, quoiqu'on eût à lutter à la fois contre cet obstacle et contre la combustibilité difficile de l'anthracite, on était parvenu, en employant un mélange de $\frac{7}{10}$ d'anthracite et de $\frac{3}{10}$ de coke à produire une allure assez régulière et des fontes grises; c'est bien au delà de ce qu'on avait obtenu avec l'air froid en Angleterre, où cependant les circonstances étaient plus favorables.

L'emploi de l'air chaud activerait sans doute aussi beaucoup la combustion de l'anthracite des Alpes; mais malheureusement cet agent n'influerait guère sur la décrépitation.

Il me semble que c'est à l'expérience seule qu'il appartient de décider si, le second obstacle semblant ainsi tout à fait surmonté par l'emploi de l'air chaud, l'autre difficulté, la décrépitation, serait à elle seule assez influente pour déranger encore la marche du haut-fourneau. Quant à présent, on peut au moins dire qu'il n'y a pas assez de différence entre les deux anthracites de Lamure et d'Yniscedwyn, pour que l'on désespère d'employer celle des Alpes à la fabrication de la fonte, et d'atteindre peut-être un résultat aussi heureux que celui auquel on vient de parvenir en Angleterre.

NOTICE

Sur des Expériences relatives à l'emploi du bois en nature dans les hauts-fourneaux;

Par M. EBELMEN, Aspirant-ingénieur des mines.

Les expériences dont je rapporte le détail dans cette notice, ont eu pour but d'éclaircir quelques questions relatives à l'emploi du bois vert ou desséché dans les hauts-fourneaux. Je les ai entreprises au mois de décembre 1837, dans le haut-fourneau de Vellexon que fait valoir M. Gauthier. J'ai cherché à apprécier quelle était la succession des altérations qu'éprouvent les minerais et le combustible employé en nature, en descendant avec les charges, et quelle influence la substitution du bois au charbon avait sur la marche et la température du haut-fourneau.

Avant de décrire les résultats de ces essais, je donnerai quelques renseignements sur les dimensions et le roulement du haut-fourneau depuis l'emploi du bois en nature.

La cuve du fourneau présente une forme particulière qui a été adoptée pour prévenir les chutes de mine; elle se compose de deux parties cylindriques et de deux parties coniques. L'ouvrage a la forme d'un cône renversé dont la grande base se raccorde avec le cercle inférieur des étalages. Les dimensions du fourneau sont les suivantes :

	mètres.
Diamètre du gueulard	0,60
Hauteur du premier cylindre	1,33
Hauteur du premier tronc de cône. . . .	3,34

	mètres.
Diamètre du deuxième cylindre.	1,33
Hauteur du deuxième cylindre.	1,33
Hauteur du deuxième tronc de cône . . .	1,67
Hauteur totale de la cuve.	7,67
Diamètre au ventre	2,27
Hauteur des étalages	1,67
Diamètre supérieur de l'ouvrage.	0,83
Hauteur de l'ouvrage.	0,83
Largeur devant la tuyère.	0,54
Hauteur du creuset	0,49
Hauteur totale du fourneau.	10,66
Inclinaison des étalages.	66°

D'après ces mesures, on peut calculer les capacités des différentes parties du fourneau, à partir du gueulard, ainsi qu'il suit :

	mèt. cub.
Partie cylindrique supérieure	0,375
Première partie conique	2,540
Deuxième partie cylindrique	1,830
Deuxième partie conique	4,290
Capacité totale de la cuve	9,035
Capacité des étalages	3,370
Id. de l'ouvrage	0,310
Capacité du fourneau jusqu'à la tuyère . .	12,715

Si la cuve ne formait qu'un seul tronc de cône depuis le grand ventre jusqu'au gueulard, sa capacité serait de $13^{m.c.}$,81, et par conséquent supérieure de $4^{m.c.}$,78 ou moitié environ à son volume actuel.

Le fourneau marche au vent chaud depuis le mois de mai 1837, époque à laquelle on a commencé à introduire du bois dans les charges. L'appareil pour le chauffage de l'air est des plus simples. Il se compose de deux gros tuyaux en fonte de 0^{m},30 de diamètre, parallèles et placés à l'extérieur du four dans une position horizontale,

qui se trouvent réunis par 4 tuyaux horizontaux de 0m,20 de diamètre et de 4m,50 de longueur. Un des gros tuyaux extérieurs est séparé en deux parties égales par un diaphragme. Un des compartiments reçoit l'air froid qui traverse le four à deux reprises, et revient dans le second compartiment, d'où part la conduite d'air chaud. Cet appareil présente cet avantage, que toutes les jointures sont à l'extérieur, circonstance qui rend les réparations rares et faciles. L'air peut s'y échauffer avec facilité jusqu'à 300°, et même il est rare qu'on laisse entrer dans le four toute la flamme qui s'échappe du haut-fourneau. Un registre, placé dans la cheminée qui surmonte le gueulard, sert à régler l'introduction du gaz dans le four à air chaud.

Le volume du vent lancé par la machine soufflante, ramené à zéro et à la pression de 0m,76, est de 20 mètres cubes par minute. L'orifice de la buse a 0m,061 (27 lignes) de diamètre.

On consomme exclusivement dans le fourneau des minerais en grains de première qualité, qui donnent des fontes destinées à l'affinage.

Au mois de décembre 1837, un mois après la mise en feu, la charge se composait de (1) :

	Volume. mèt. cub.	*Poids.* kilog.
3 rasses de bois vert	0,250	108
2 rasses de bois desséché	0,167	55
2 rasses de charbon	0,167	36
7 conges 1/4 de mines en grains mélangées	0,151	272
1 conge 1/2 de castine	0,031	38
Volume total de la charge	0,766	

(1) Les mesures employées dans l'usine sont :
Pour le combustible : le cuveau = 0m.c.,50 = 6 rasses.
Pour les minerais et la castine : le cuveau = 0m.c.,25 = 12 conges.
La corde charbonnière de 3st,33 donne au sciage :
Bois vert. . . . 3m.c.,13
Bois desséché . 2m.c.,75

Le fourneau dont la capacité est de 12$^{m.c.}$,715, contient 27 charges, d'où il suit que le volume occupé moyennement par chacune d'elles est de 0$^{m.c.}$,47.

Le bois employé renferme au moins les $\frac{3}{4}$ d'essences dures, chêne, charme et hêtre. Il est découpé par la scie circulaire en morceaux de 5 à 6 pouces de longueur. J'ai trouvé 215 kil. pour le poids du cuveau de bois vert scié.

Le bois desséché et légèrement bruni que l'on retire des séchoirs établis par M. Gauthier, pèse après le sciage 165 kil. le cuveau, ou 330 kil. le mètre cube.

Le mélange de minerais en grains employé pèse 1.800 kil. le mètre cube. On commence par charger le bois vert, ensuite le bois desséché, le charbon, la castine et les minerais. On passait alors 22 charges en 16 heures, intervalle de deux coulées, et l'on obtenait par coulée 1.650 kil. de fonte noire destinée à l'affinage, ce qui porte le produit de la charge à 75 kil., et le rendement des minerais à 27,2 p. $\frac{0}{0}$.

Le travail du fondeur n'offrait aucune difficulté. Les laitiers étaient bien fluides; après leur refroidissement, ils étaient vitreux, transparents et légèrement violacés dans les éclats minces.

Telles étaient les conditions de roulement du haut-fourneau, à l'époque où j'entrepris, de concert avec M. Vigoureux, neveu de M. Gauthier, les expériences que je rapporte ci-après.

Pour constater la suite des altérations qu'éprouve le bois en descendant dans le fourneau, nous avions commencé par suspendre, au bout de fils de fer n° 20, des morceaux de bois de diverses grosseurs, solidement maintenus par des armures en

fer feuillard. Une seule expérience faite de cette manière a pu réussir.

La forte contraction qu'éprouve le bois en se carbonisant rendait les précautions que nous avions prises pour le maintenir, tout à fait inutiles, lorsqu'il s'agissait de le retirer.

Nous avons fait alors construire en grosse tôle deux appareils en forme de cloche dont le fond était un disque maintenu par deux clavettes. La surface entière de la cloche et du disque était percée de petits trous destinés à mettre les matières renfermées dans l'intérieur de l'appareil en communication avec le courant extérieur. Les capacités de ces deux cloches étaient d'environ 1 litre et $0^{lit.},70$. Un trou ménagé à leur partie supérieure permettait de les fixer à l'extrémité du fil de fer. Pour les retirer du fourneau on faisait passer le fil d'attache sur la gorge d'une poulie en fer dont l'axe était établi à l'extrémité d'un ringard en forme de fourche qu'on maintenait solidement sur le gueulard. Il fallait au moins quatre hommes pour retirer l'appareil d'une profondeur de 15 pieds.

Les produits de ces expériences ont été soigneusement garantis du contact de l'air jusqu'au moment où ils ont été essayés au laboratoire de Vesoul.

Les mêmes fils de fer pouvaient difficilement servir à plus de deux opérations. Le contact des gaz carbonés qui traversent le fourneau leur fait éprouver une espèce de cémentation. Leur nerf disparaît complétement, et il n'est plus possible de les recourber sur eux-mêmes sans les briser.

Expérience n° 1.

Un morceau de chêne de $0^{m},07$ de diamètre sur

$0^m,20$ de longueur placé au bout d'un fil de 25 pieds de long et maintenu au moyen d'une armure en fer de cercles, fut descendu dans le fourneau sous la charge. On mesurait de temps en temps la longueur du fil excédant pour savoir à quelle profondeur le bois se trouvait dans le haut-fourneau. Voici le résumé de ces observations :

HEURE à laquelle l'observation a été faite.	HAUTEUR de l'appareil dans le fourneau à partir du gueulard.	TEMPS du séjour.	*Observations.*
heures. min.	pieds.	heures. min.	
12 35	7	0	On place le morceau de bois sous la charge.
1 30	11 1/2	0 55	On charge.
2 25	14 1/2	1 50	On charge.
2 45	15	2 10	On retire l'appareil.

Le fil de fer était rouge, mais seulement à partir de 14 pieds du gueulard. Le morceau de chêne, au moment où il a été retiré, dégageait beaucoup de fumée; une partie assez considérable du morceau était enlevée; toute la surface paraissait complétement carbonisée; le centre, au contraire, était à peine bruni; le bois présentait une multitude de fissures, dirigées de la circonférence au centre, qui s'élargissaient à mesure qu'on s'approchait de la surface.

Essai des produits.

J'ai essayé séparément le centre du morceau et le charbon qui s'était formé à sa surface; j'ai trouvé pour la composition moyenne de celui-ci :

Matières volatiles.	0,30
Charbon.	0,68
Cendres.	0,02
	1,00

Deux essais faits à la litharge sur un gramme de charbon réduit en poussière, ont donné pour moyenne, plomb 26gr.,30.

Les 0,30 de matières volatiles équivalent à 0,093 de carbone.

Une rondelle de la partie centrale pesant 7gr.,43, dont on avait séparé toute la matière déjà carbonisée, a donné la composition suivante, par calcination brusque au creuset de platine :

Matières volatiles.	0,747
Charbon.	0,245
Cendres.	0,008
	1,000

Moyenne de deux essais faits chacun sur un gramme de sciure mêlée à 25gr. de litharge, 16gr.,50.

Les 0,747 de matières volatiles équivalent donc à 0,21 de carbone.

Expérience n° 2.

On a placé dans une des cloches en tôle un morceau de chêne vert de 0m,05 de diamètre avec des minerais en grains mélangés. La cloche jetée sous la charge, a été retirée après 1 heure $\frac{1}{4}$ de séjour dans le haut-fourneau ; elle se trouvait alors à 12 pieds de profondeur au-dessous du gueulard.

Le bois que renfermait la cloche n'était nullement altéré ; seulement il paraissait avoir éprouvé un commencement de dessiccation sur une ligne $\frac{1}{2}$ d'épaisseur au plus, à partir de sa surface.

Essais : 1° Du bois.

J'ai essayé séparément avec la litharge la sciure du centre du morceau et celle provenant de la surface jusqu'à une ligne $\frac{1}{2}$ de profondeur.

La sciure du centre du morceau a donné pour moyenne de deux essais, plomb 13gr.,20 ; la sciure de la zône extérieure a donné, plomb 14gr.,25.

Par calcination brusque opérée sur une rondelle de 10gr.,92, j'ai obtenu pour la composition moyenne du bois :

Matières volatiles.	0,856
Charbon et cendres.	0,144
	1,000

2° Des minerais.

Les minerais n'avaient éprouvé aucun changement ; leur poussière était, comme auparavant, d'un jaune brun, et nullement attirable au barreau aimanté.

Expérience n° 3.

Un mélange de divers minerais a été placé dans une des cloches avec un morceau de chêne vert et un morceau de charme desséché. L'appareil a été jeté dans le fourneau sous la charge. Le tableau suivant indique sa hauteur dans le fourneau à différentes époques :

HEURE à laquelle l'observation a été faite	HAUTEUR de l'appareil dans le fourneau à partir du gueulard.	TEMPS du séjour dans le fourneau.	*Observations.*
heures. min.	pieds.	heures. min.	
3 30	7	0	On charge sur l'appareil.
4 35	12	1 5	On charge.
5 15	14 1/2	1 45	On charge.
5 55	15 1/2	2 25	On retire la cloche au moment de la charge.

La cloche était rouge cerise au moment où elle a été retirée ; elle a été placée dans un étouffoir jusqu'après son entier refroidissement, puis les minerais et les charbons ont été enfermés séparément dans des vases bien bouchés.

Les bois paraissent complétement carbonisés ; le charbon de chêne vert est traversé par de nombreuses fissures, et présente très-peu de consistance. Le charbon provenant du charme desséché est beaucoup plus compacte.

Essais des charbons.

L'analyse de ces deux sortes de charbon a été faite par calcination rapide au creuset de platine ; on a obtenu :

	Charbon de chêne vert.	Charbon de charme desséché.
Matières volatiles. .	0,062	0,060
Charbon.	0,918	0,912
Cendres.	0,020	0,028
	1,000	1,000

Ces charbons sont donc déjà plus fortement calcinés que le charbon de forêt, qui renferme moyennement 10 p. $\frac{0}{0}$ de substances volatiles.

Essai des minerais.

Les minerais étaient recouverts d'une pellicule très-mince de charbon métalloïde. Leur poussière est d'un gris noirâtre et complétement attirable au barreau aimanté ; l'acide muriatique les dissout sans dégagement d'hydrogène, et la liqueur précipite en brun noir par les alcalis. J'ai constaté que le calcaire mêlé avec ces minerais n'avait subi aucune décomposition. L'analyse a donné pour la composition de ces minerais :

		oxygène.
Perte au feu (eau et matières charbonneuses)	0,040	
Argile (résidu insoluble dans l'acide muriatique et la potasse)	0,254	
Silice gélatineuse	0,040	
Alumine soluble	0,070	
Oxide de chrôme	trace.	
Oxide rouge de manganèse	0,022	
(1) Peroxide de fer	0,350	0,119
Protoxide de fer	0,140	0,032
Carbonate de chaux	0,025	
	0,979	

Le rapport des quantités d'oxygène du protoxide et du peroxide de fer, n'est pas tout à fait celui qui constitue l'oxide magnétique $\overset{...}{F}e + \dot{F}e$. Je ferai remarquer que le minerai renferme une certaine quantité d'oxide de manganèse qui n'était probablement pas encore transformé en protoxide, et dont l'excédant d'oxygène aura pu faire passer une partie du protoxide de fer à l'état de peroxide, dans l'attaque par l'acide muriatique.

(1) J'ai recherché la proportion relative de peroxide et de protoxide de fer au moyen de l'acide sulfureux liquide. On traite un gramme de minerai par l'acide muriatique concentré et pur. Quand le résidu est décoloré, on ajoute à la liqueur une dissolution bien claire d'acide sulfureux mélangée de muriate de baryte. La liqueur se trouble presque instantanément. On fait bouillir; au bout de quelques minutes la liqueur est complétement décolorée. Quand tout l'excès d'acide sulfureux est chassé, on ajoute à la dissolution un excès de muriate de baryte et l'on filtre; tout le sulfate de baryte correspondant au peroxide de fer est sur le filtre avec le résidu insoluble dans l'acide muriatique. Un atome de peroxide de fer $\overset{...}{F}e = 978,41$ donne un atome de sulfate de baryte $\overset{...}{S}\dot{B}a = 1458,09$. 100 de sulfate de baryte correspondent à 67 de peroxide de fer.

Expérience n° 4.

On a placé un morceau de charme desséché, un morceau de chêne vert, des mines en grains de la fontaine Godard (1), avec un fragment de castine, dans une cloche au bout d'un fil de 30 pieds de longueur. Le tableau suivant indique la hauteur de l'appareil dans le fourneau aux différentes époques.

HEURE de l'observation.		HAUTEUR de l'appareil dans le fourneau à partir du gueulard.	TEMPS du séjour dans le fourneau.		*Observations.*
heures.	min.	pieds.	heures.	min.	
11	15	7	0		L'appareil est placé sous la charge.
12	20	12	1	5	On charge.
1	10	15	1	55	On charge.
1	50	»	2	35	On charge.
2	15	16 1/2	3		On retire l'appareil.

La cloche et une certaine longueur de fil étaient rouges; le morceau de castine n'avait pas sensiblement perdu d'acide carbonique.

Les bois étaient complétement carbonisés; le charbon de chêne vert était très-fissuré et fort peu cohérent. Essayés, par calcination au creuset de platine, les charbons n'ont perdu que 5 pour $\frac{0}{0}$ de leur poids de matières volatiles combustibles.

(1) Ce minerai, dont la richesse atteint 49 pour $\frac{0}{0}$ de fer, n'entre dans le lit de fusion que pour une conge et demie ou $\frac{1}{5}$ environ. Il renferme beaucoup d'hydrate d'alumine qui le rend assez réfractaire, et empêche qu'on ne l'emploie en plus forte proportion.

Les grains de minerai étaient tous recouverts, comme dans l'expérience précédente, d'un enduit de charbon métalloïde. Leur poussière est d'un brun noir, et complétement attirable au barreau aimanté. Les acides la dissolvent presqu'en totalité, sans qu'il y ait dégagement de gaz.

L'analyse a donné pour la composition de ce minerai :

Argile (insoluble dans l'acide muriatique et la potasse).	0,03	
Silice gélatineuse.	0,04	
Alumine soluble.	0,07	
Oxide de manganèse.	0,18	oxygène.
Peroxide de fer.	0,59	0,181
Protoxide de fer.	0,25	0,057
	0,998	

Le fer paraît être en totalité dans ce minerai à l'état d'oxide magnétique.

Expérience n° 5.

On a placé dans une des cloches un morceau de chêne vert de 2 pouces de diamètre et de 6 pouces de longueur; on a jeté la cloche sous la charge dans le fourneau.

HEURE à laquelle l'observation a été faite.	DISTANCE à laquelle se trouve l'appareil du gueulard.	TEMPS du séjour dans le fourneau.	*Observations.*
heures. min.	pieds.	heures. min.	
2 30	6	0	On place l'appareil sous la charge.
3 10	10 1/2	0 40	On charge.
4	13	1 30	On charge.
4 35	14 1/2	2 5	On retire la cloche.

La cloche était chauffée jusqu'au rouge sombre au moment où elle a été retirée du fourneau.

Le bois présentait dans sa section trois couches distinctes : le sommet du morceau, qui était taillé en pointe, et une zone d'une ligne $\frac{1}{2}$ d'épaisseur tout à l'entour, étaient d'un charbon très-friable et d'un noir intense. Sous cette zone, on en observait une autre d'une ligne $\frac{1}{2}$ d'épaisseur, analogue au bois bruni par une forte dessiccation. Enfin tout le reste du morceau, sur 18 lignes de diamètre, ne paraissait avoir éprouvé aucun changement dans sa couleur et sa nature. Le bois présentait à sa surface de nombreuses fissures qui se prolongaient jusqu'au bois non altéré.

Les trois parties distinctes du bois soumises à l'essai ont donné les résultats suivants :

	1re Partie extérieure.	2e Zone moyenne.	3e Partie centrale.
Matières volatiles. . .	0,31	0,732	0,850
Cendres et charbon. .	0,69	0,268	0,150
Plomb avec la litharge.	26 grammes.		

Une rondelle du centre dont on avait séparé la partie charbonneuse et la partie brunie, ayant été desséchée jusqu'à ce qu'elle commençât à brunir, a perdu les 0,19 de son poids.

Expérience n° 6.

Un morceau de chêne bruni par la dessiccation dans les séchoirs a été introduit dans une des cloches, et placé dans la charge entre le bois desséché et le charbon.

absorbe une petite quantité d'acide acétique (n° 8).

2° La distillation du bois commence à s'opérer à la profondeur de 13 à 14 pieds. Elle s'effectue de telle sorte que la surface des morceaux d'un certain volume est déjà carbonisée, lorsque tout leur intérieur se trouve encore à l'état naturel (*Exp.* 1 et 5). Ce mode de distillation produit des charbons d'une faible cohésion. A la surface de chaque morceau de bois un peu volumineux, il s'opère un retrait considérable avant que le centre commence à l'éprouver, d'où résultent de nombreuses fissures qui se propagent de la circonférence au centre suivant des plans passant par l'axe ou perpendiculaires à celui-ci.

3° A la profondeur de 16 à 17 pieds au-dessous du gueulard, et après 2 heures ½ ou 3 heures de séjour dans le haut-fourneau, la distillation du bois est complète, et le charbon ne retient plus qu'une faible proportion de substances volatiles (*Exp.* 3, 4, 7). A 17 pieds de profondeur, la température du fourneau est le rouge cerise, tandis qu'à 3 pieds au dessus, elle est insuffisante pour commencer la distillation du bois : celle-ci s'opère donc entièrement, d'une manière complète, dans une zone du haut-fourneau dont la hauteur est d'environ 3 pieds, et dans un temps assez court qui dépend du volume des morceaux, mais qui ne dépasse pas 1 heure ½. Elle ne s'effectue à la fois que sur deux charges, de telle manière que le bois placé à la base de la charge inférieure est tout à fait carbonisé, lorsque le bois desséché qui se trouve au milieu de la seconde n'éprouve pas encore d'altération notable (*Exp.* 4, 5,

6) (1). La carbonisation du bois employé en nature dans le haut-fourneau, détermine donc un abaissement de température considérable, qui s'opère brusquement dans un espace très-rétréci, abaissement de température dû sans doute à la chaleur latente absorbée par les gaz et par les vapeurs qui proviennent de cette distillation. Cette absorption de chaleur prouve que ces matières combustibles ne sont pas brûlées par le courant d'air en partie désoxygéné qui traverse le fourneau; car, s'il en était autrement, il est évident que la température de cet air s'élèverait au lieu de s'abaisser aussi rapidement.

4° A la profondeur à laquelle le bois est complétement carbonisé, les minerais sont transformés seulement en oxide de fer magnétique $\dddot{\overline{F}}e + \dot{F}e$. Ils n'ont donc perdu que $\frac{1}{9}$ de l'oxygène qu'ils doivent abandonner pour arriver à l'état de fer métallique.

5° Si l'on compare le volume des charges avec le volume de la partie du fourneau qu'elles occupent, on trouvera qu'il n'y a pas contraction jusqu'à la profondeur de 14 pieds au-dessous du gueulard, hauteur à laquelle la carbonisation du bois commence à s'opérer.

L'expulsion de l'eau des minerais, de presque toute l'eau hygrométrique du bois, et la distillation complète de celui-ci s'opérant dans une même

(1) La zone où la carbonisation s'opère dépend de la hauteur de chaque fourneau et de la proportion de bois en nature qu'on y consomme. Elle descend d'autant plus bas au-dessous du gueulard que la proportion de bois consommé est plus grande par rapport à celle du charbon, et que la hauteur du fourneau est plus considérable. Ainsi, dans le fourneau de la Romaine, dont la hauteur

zone du fourneau, il me sera facile de rendre compte de l'abaissement de température de l'air lorsqu'il la traverse.

La charge se compose, ainsi que je l'ai déjà dit plus haut, de :

Bois vert	108 kil.
Bois desséché.	55
Charbon.	36
Minerais mélangés.	272
Castine	38

Comme l'on charge moyennement tous les trois quarts d'heure, la consommation par minute peut être évaluée ainsi qu'il suit :

	kil.
Bois vert.	2,40
Bois sec.	1,22
Charbon.	0,80
Minerais mêlés. . . .	6,04
Castine.	0,84

En supposant que le bois vert renferme 30 pour $\frac{0}{0}$ d'eau hygrométrique, qu'il laisse 0,22 de charbon à la distillation, que le bois desséché laisse 0,30 de charbon, que les minerais perdent moyennement 16 p. $\frac{0}{0}$ d'eau combinée, on pourra évaluer comme il suit la proportion des matières volatiles expulsées par minute, savoir :

	kil.	
Eau hygrométrique du bois vert. . .	0,720	1k.,686
Eau combinée des minerais.	0,966	
Produits de la distillation.	2,006	

---

totale est de 34 pieds (11m,33), et où l'on a employé presque constamment ½ de bois pour ½ de charbon en volume, on a trouvé, à la mise hors, une trace noire d'un pied de hauteur, tout autour de la cuve à 17 pieds au-dessous du gueulard. Si, comme cela est probable, cette trace provient de la condensation du goudron, il faut en conclure que la chaleur était très-faible dans toute la partie supérieure du fourneau.

En supposant (ce qui est probablement un *minimum*, puisque l'eau abandonnée passe de l'état solide à l'état gazeux) que l'eau, dégagée par le minerai de fer, n'exige pour son évaporation qu'une quantité de chaleur latente, équivalente à celle que prendrait un même poids d'eau liquide, et en adoptant le nombre 543 pour le calorique latent de la vapeur d'eau, on trouve que l'évaporation de $1^{k},686$ d'eau absorbera : $1,686 \times 543 = 916$ unités de chaleur.

La chaleur latente moyenne des produits de la distillation du bois est probablement plus considérable que celle de la vapeur d'eau, puisqu'ils renferment une forte proportion de gaz permanents. Comme je ne connais aucune expérience qui ait eu pour but de déterminer la quantité de chaleur latente absorbée par la distillation complète du bois, je la supposerai égale à celle de la vapeur d'eau. Dans cette hypothèse, la quantité de chaleur absorbée et rendue latente, sera : $2^{k},006 \times 543 = 1090$, laquelle, ajoutée aux 916 déjà trouvés, donne un total de 2.006 unités de chaleur.

D'autre part, la quantité d'air lancée par minute dans le fourneau étant de 20 mètres cubes, pesant 26 kil., si l'on prend 0,26 pour le coefficient du calorique spécifique des gaz qui traversent le fourneau, on trouvera que la quantité de chaleur qu'ils dégagent, lorsque leur température s'abaisse de 1° est de $26 \times 0,26 = 6,76$; la diminution de température qui résultera de l'absorption de 2006 unités de chaleur rendue latente, sera par conséquent de $\frac{2006}{6,76} = 295°$.

Si l'on supposait que la chaleur latente moyenne des produits de la distillation du bois est le

double de celle de la vapeur d'eau, on trouverait que l'abaissement de température doit être de $\frac{3096}{6,76} = 458°$.

En tout cas, les nombres qui viennent d'être calculés, et dont le premier est certainement un *minimum*, permettent d'expliquer d'une manière satisfaisante les résultats de nos expériences, en ce qui concerne la variation brusque qu'éprouve la température du haut-fourneau; et si l'on admet ce premier résultat, on en conclura nécessairement qu'aucune portion des produits volatiles de la distillation du bois n'est brûlée par le courant d'air déjà désoxygéné qui traverse le fourneau. Au reste, l'intensité et la couleur de la flamme, qui se dégage du gueulard lorsqu'on roule au bois, prouve qu'une grande partie, sinon la totalité des produits de la distillation, échappe à la combustion dans l'intérieur du fourneau.

Ce fait n'a rien qui puisse surprendre. En effet, si l'on compare la quantité de vent consommée par un fourneau marchant au charbon de bois avec la quantité de charbon qu'il brûle, on trouve dans presque tous les cas que la proportion d'oxygène lancée dans le fourneau, jointe à celle abandonnée par les minerais, est supérieure de beaucoup à celle que le charbon exigerait pour se transformer en acide carbonique. On observe cependant qu'il se dégage au gueulard de très-grandes quantités d'oxide de carbone qui se forme dans le fourneau à une très-haute température, et qui y existe avec une forte proportion d'oxygène libre.

Toutefois, il est constant que la distillation du bois laisse dans le fourneau, outre le charbon,

certains produits fixes, dont l'effet réductif ou calorifique n'est pas sans importance.

D'une part, une grande partie du goudron se condense dans les parties supérieures du fourneau au contact des corps froids. La nouvelle distillation qu'il éprouve plus tard doit laisser pour résidu une proportion très-notable de charbon.

D'un autre côté, on a pu voir, d'après les expériences rapportées plus haut, que la distillation du bois, et particulièrement celle de la partie centrale des morceaux d'un certain volume, s'opérait dans un espace échauffé jusqu'au rouge. La température initiale des vapeurs produites est très-inférieure à celle de l'atmosphère gazeuse à laquelle elles se mêlent. Elles doivent subir alors des modifications analogues à celles qu'éprouvent les produits de la distillation du bois, lorsqu'on les fait passer à travers un tube de porcelaine chauffé au rouge. Tous les composés ternaires se décomposent et se transforment en composés binaires, avec dépôt de charbon qui se forme de préférence sur les corps les plus échauffés. Telle est probablement l'origine de cette pellicule mince de charbon métalloïde qui recouvre chaque grain de minerai dans nos expériences n°s 3 et 4 (1).

Il eût été très-intéressant de rechercher la proportion de charbon que laisse le bois en se distillant dans le fourneau. Malheureusement, les char-

---

(1) Cette explication donne la clef de certains phénomènes métallurgiques assez remarquables qu'on a observés dans le roulement du fourneau de Vellexon, en juin 1837. A cette époque, la charge en combustible se composait de 3 rasses de charbon et 3 rasses de bois desséché. La chaleur s'étant portée au gueulard, on obtint pendant quelque temps des laitiers tellement surchargés de gra-

bons provenant de nos expériences étaient trop fracturés pour permettre de les doser avec exactitude. D'un autre côté, d'après les résultats de quelques essais de laboratoire que je rapporte ci-après, j'ai tout lieu de croire que la proportion de charbon laissée par chaque morceau de bois, de même espèce, dans le même état de dessiccation, calciné dans le même appareil, est variable avec son poids, et d'autant plus grande jusqu'à une certaine limite, que ce poids est plus considérable. Ces essais ont été faits par calcination rapide dans un creuset de platine enfermé dans un creuset de terre, avec toutes les précautions qu'on prend d'ordinaire pour empêcher l'accès de l'air. Quelques-unes des rondelles avaient été préalablement desséchées sur un bain de mercure. Le tableau suivant indique les résultats de ces expériences.

---

phite qu'on était obligé de les retirer avec des ringards hors du fourneau. Les minerais ne donnaient presque pas de produits. Il est bien probable que tout ce développement de graphite provenait de la distillation du bois qui s'était opérée dans un espace très-échauffé, et par conséquent dans les conditions les plus favorables pour la formation de ces écailles graphiteuses.

N^os D'ORDRE.	ESSENCE.	POIDS des rondelles.	POIDS DES rondelles après dessiccation.		CHARBON OBTENU PAR calcination brusque.			NATURE du charbon et observations.
			poids absolu.	p. o/o du bois vert.	poids.	p. o/o du bois desséché.	p. o/o du bois vert.	
1	Charme vert de $0^m,035$ de diamètre.	gr. 3,18			0,43		13,52	Le charbon laissé par les rondelles minces est très-homogène et assez cohérent. Celui que donnent les rondelles de bois desséché est évidemment plus dense que celui provenant du bois vert. Pour les rondelles un peu épaisses, les fibres ligneuses sont infléchies jusqu'à une certaine distance de la surface. Elles tournent toutes leur concavité vers l'axe de la rondelle. Le bois présente alors une fissure concentrique à la circonférence de la rondelle.
		4,10			0,56		13,66	
		4,27			0,58		13,58	
		10,54			1,54		14,62	
		15,23			2,35		15,40	
		4,10	3,22	78,6	0,62	19,25	15,12	
		3,35	2,48	74,2	0,53	21,37	15,82	
		3,60	2,35	65,2	0,62	26,35	17,22	
2	Hêtre vert de $0^m,038$ de diamètre.	5,25			0,68		12,95	
		4,42	3,35	75,8	0,65	19,37	14,70	
		5,43	3,75	69,1	0,87	23,46	16,02	
3	Le hêtre (2) après 3 mois de séjour au laboratoire	4,09			0,57		13,90	
		20,25			3,05		15,06	
		26,32			4,07		15,48	
4	Chêne de $0^m,044$ de diamètre.	4,40			0,63		14,30	
		22,20			3,52		15,86	
5	Chêne vert de $0^m,06$ de diamètre.	2,77			0,38		13,72	
		5,			0,72		14,40	
		11,95			1,95		16,40	
		25,			4,28		17,12	
		28,52			4,88		17,10	

J'ai fait également quelques essais analogues sur diverses rondelles de bois desséché. Les résultats en sont rapportés dans le tableau suivant.

Nos D'ORDRE.	ESSENCE et nature.	POIDS des rondelles.	CHARBON OBTENU par calcination brusque.		OBSERVATIONS.
			poids.	p. 0/0 du bois desséché.	
1	Chêne desséché très-brun de 0m,032 de diamètre.	gr. 3,90	0,92	23,50	Les rondelles minces donnent un charbon plus compacte, moins fissuré que les rondelles épaisses ; dans celles-ci, les fentes qui se propagent de la circonférence au centre sont tapissées à l'intérieur de charbon graphiteux, ce qui prouve que leur température était de beaucoup supérieure à celle des parties centrales lorsque leur distillation s'opérait.
		11,10	2,81	25,30	
		23,46	6,56	28,00	
2	Charme très-brun de 0m,03 de diamètre.	4,11	0,95	23,10	
		11,67	2,82	24,16	
		16,85	4,12	24,45	
		24,93	6,11	24,54	
3	Hêtre à peine brun par la dessiccation.	7,70	1,38	17,92	
		27,12	5,30	19,55	
4	Tremble d'un brun très-clair.	4,27	0,75	17,56	
		10,43	1,93	18,55	
		22,60	4,31	19,07	

Carbonisation rapide.

Ces nombres prouvent, 1° que la dessiccation du bois permet d'obtenir par calcination brusque une quantité de charbon rapportée au poids du bois vert, d'autant plus grande, que cette dessic-

cation a été poussée plus loin, résultat conforme à ceux des expériences faites en grand par M. Sauvage ; 2° que pour des poids différents du même bois calciné dans le même état de dessiccation, dans des vases de même nature et de même capacité, soumis à un foyer d'une température constamment la même, la proportion de charbon obtenue est d'autant plus grande, jusqu'à une certaine limite, que le poids du bois soumis à la distillation est plus considérable.

Ce dernier résultat peut se concevoir de la manière suivante : la conductibilité des vases qui renferment le combustible à distiller rend disponible à chaque instant, dans leur intérieur, une quantité de calorique déterminée. L'absorption de ce calorique rendu latent, par les produits de la distillation, maintient l'intérieur du vase à une température d'autant plus basse, que la masse du combustible qu'il renferme est plus grande. La distillation est un peu plus lente dans ce cas que dans l'autre ; elle doit donc laisser un plus grand résidu de charbon.

1° Influence des essences.

Dans les deux séries d'expériences que je viens de rapporter, on peut remarquer que le chêne est celui de tous les bois essayés, verts ou desséchés, qui donne les nombres les plus différents les uns des autres, relativement à la proportion de charbon laissée par distillation ; la différence dans les produits s'élève à 3 ½ pour % de charbon dans l'essai des bois verts, et à 4 ½ dans l'essai du bois desséché artificiellement ; tandis que pour les autres essences, la différence de rendement ne dépasse pas 2 p. % pour les bois verts, et 1 ½ p. % pour les bois desséchés. Il est assez difficile d'assigner la cause de cette divergence. Toutefois, si elle se

reproduisait dans des expériences faites plus en grand, il serait évident que le bois de chêne serait préférable à toutes les autres essences pour être employé en nature dans les hauts-fourneaux.

Quoi qu'il en soit, on voit qu'une très-petite différence dans la durée d'une carbonisation rapide suffit pour déterminer des variations très-notables dans la quotité de ses produits.

2° De la grosseur des morceaux.

Si l'on applique les résultats qui précèdent à ce qui se passe dans le haut-fourneau, on trouvera que la proportion de charbon, produite par les morceaux de bois d'un faible volume, doit être sensiblement moins forte que celle laissée par la distillation des gros morceaux; mais que, d'un autre côté, le charbon que donnent les petits morceaux a plus de cohérence et de compacité.

3° De la dessiccation.

L'influence de la dessiccation préalable du bois, sur son rendement en charbon dans le fourneau, ne me paraît pas d'une grande importance. En effet, on a vu que les morceaux de bois vert, retirés du haut-fourneau avant leur complète carbonisation (*exp.* 1 et 5), présentent entre la zone extérieure déjà charbonnée et celle où le bois a conservé sa teinte primitive, une zone de bois bruni tout à fait analogue à celui qu'on retire des séchoirs. Le bois se dessèche donc progressivement de la circonférence au centre, et la carbonisation suit la même marche. La faible épaisseur de la zone brunie prouve le peu de conductibilité de cette enveloppe. Son existence établit que le bois vert passe par l'état de bois desséché avant de se carboniser, et par conséquent que la proportion de charbon qu'il laisse est équivalente à celle que laisse ce dernier.

Toutefois, s'il paraît probable que le bois vert

laisse autant de charbon que s'il avait été préalablement desséché, il est évident que sous ce dernier état il exigerait pour sa distillation une quantité de chaleur moindre, et par conséquent il ne refroidirait pas autant la partie supérieure du fourneau. D'un autre côté, le retrait qu'il aurait déjà subi dans les séchoirs rendrait moins sensible celui qu'il éprouve dans le fourneau, et qui est la cause de la faible cohésion des charbons qu'il produit.

En résumé, l'économie qui résulte de l'emploi du bois me paraît due en très-grande partie à la proportion de charbon que laisse ce combustible dans le fourneau. La carbonisation ordinaire ne donne moyennement que les 0,15 en poids de charbon bien calciné. Or, si l'on admet que le bois vert laisse seulement 0,22 de charbon calciné dans le haut-fourneau, et si l'on ajoute à l'effet calorifique ou réductif de ce charbon, celui qui résulte de la nouvelle distillation du goudron condensé dans le haut-fourneau et de celui qui se dépose sur les corps très-échauffés qui entourent le bois lorsqu'il se distille, on arrivera à expliquer d'une manière satisfaisante l'économie de combustible. Peut-être aussi qu'en refroidissant la partie supérieure de la cuve, le bois empêche qu'une partie de l'acide carbonique produit dans la partie basse du fourneau ne se transforme en oxide de carbone (1).

---

(1) Il serait fort intéressant de rechercher si, dans la transformation de l'acide carbonique en oxide de carbone, transformation d'où résulte une perte considérable de combustible, il n'y a pas abaissement de température du gaz. Cette absorption de chaleur rendue latente paraît probable, si l'on considère : 1° que l'acide carbonique double

L'emploi du bois en nature a eu pour effet, à Vellexon et dans d'autres fourneaux placés dans les mêmes circonstances de roulement, de diminuer considérablement le rendement des minerais et la production journalière. Ainsi, en 1835 et 1836, le haut-fourneau de Vellexon, roulant à l'air froid et au charbon, fabriquait par mois de 100 à 115.000 kil. de fonte, et les minerais employés rendaient régulièrement 35 p. $\frac{0}{0}$. Actuellement la production mensuelle varie entre 65.000 et 75.000 kil., et le rendement des mêmes minerais ne dépasse pas 29 à 30 pour $\frac{0}{0}$. Les chutes de minerai, dues à une descente irrégulière des charges, sont beaucoup plus fréquentes qu'au charbon.

La cause de cette diminution de produits me paraît être due toute entière à la faible cohésion des charbons provenant de la distillation du bois. On sait qu'une des conditions essentielles d'un bon roulement, c'est que l'air puisse circuler facilement dans toutes les parties de la masse comprise entre la tuyère et le gueulard. L'influence de la

---

de volume en se transformant en oxide de carbone, et que cette transformation ne peut se faire que dans le cas où le charbon reçoit une grande quantité de chaleur extérieure; 2° que le calorique spécifique du gaz acide carbonique rapporté à l'unité de poids est seulement de 0,221, tandis que celui de l'oxide de carbone est de 0,288; 3° que le charbon allumé plongé dans une atmosphère d'acide carbonique s'y éteint plus subitement que dans tout autre gaz; 4° enfin, si l'on ne suppose pas que cette absorption de chaleur ait lieu, il est très-difficile d'expliquer, par la seule considération des chaleurs spécifiques, comment il se fait, dans les fourneaux au charbon de bois, que la température de l'air évaluée à 150° pyr. dans l'ouvrage, soit aussi peu supérieure à celle de l'air extérieur au gueulard.

grosseur du charbon sur le roulement du fourneau est plus grande encore quand il consomme exclusivement des mines en grains qui viennent se loger dans les interstices du charbon. Si la majeure partie du charbon est en menu, il est évident que le courant d'air, dont la vitesse est assez considérable, ne pourra plus se répartir avec autant d'uniformité à travers la masse de la charge; il se portera tantôt d'un côté, tantôt d'un autre, et tendra à provoquer une descente irrégulière des matières, et par suite, des chutes de minerais.

A l'appui de cette explication, je citerai les faits suivants :

1° Le haut-fourneau de Montagney (Doubs) a marché complétement au bois vert pendant 15 jours; les charges descendaient avec une extrême lenteur, et le fourneau se refroidissait progressivement. Pendant tout ce temps, on ne voyait passer à la tuyère aucun morceau de charbon de quelque grosseur. Pour rétablir le fourneau en bonne activité, il a fallu le remettre au charbon.

2° C'est dans les fourneaux où l'on fond des minerais en morceaux d'une certaine grosseur, que la diminution du produit journalier et du rendement des minerais a été le moins sensible. Ainsi, on voit par le dernier mémoire de M. Bineau, que le haut-fourneau de Massevaux, où l'on charge moitié de charbon et moitié de bois vert, et qui ne consomme que des minerais en roche et des scories de forges concassés en morceaux de la grosseur d'un œuf, produit par mois au moins autant de fonte qu'en roulant au charbon seul. Il en est tout autrement pour les fourneaux de la Saône, qui ne consomment que des minerais en petits grains.

Dans les hauts-fourneaux où l'on ne consomme que $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{3}$ de bois en nature, on ne s'est guère aperçu de la diminution du produit journalier; et ce fait s'explique facilement, car le charbon provenant de la distillation du bois n'entre que pour $\frac{1}{8}$ ou $\frac{1}{6}$ dans le volume total, et par suite son influence sur la marche du fourneau doit être fort peu sensible (1).

Dans les fourneaux où l'on emploie le bois torréfié ou charbon roux, je vois également, d'après le mémoire de M. Sauvage, que la production mensuelle a diminué, et que le volume du vent, lancé par la machine soufflante, a été plus considérable que dans la marche au charbon.

L'expérience n'a pas encore prononcé d'une manière bien positive sur les meilleures formes à adopter pour l'intérieur des fourneaux au bois. Toutefois, d'après les résultats de quelques fondages, il paraîtrait qu'il convient de rétrécir l'ouvrage, et de lui donner une plus grande hauteur que dans les fourneaux marchant au charbon de bois.

(1) Il y a, ce me semble, une certaine analogie entre les essais faits pour employer dans les hauts-fourneaux une grande proportion de bois en nature, et ceux entrepris à Vizille pour employer l'anthracite au lieu de coke, pour la fusion des minerais. La lenteur et l'irrégularité de la descente des charges, le faible rendement des minerais, ont été attribués à l'état de division dans lequel l'anthracite se réduisait dans le fourneau sous l'influence de la chaleur. On n'a pu parvenir à un roulement passable, lorsqu'on a mélangé l'anthracite au coke au delà d'une certaine proportion. (*Annales*, tome IV, page 127.)

NOTE 1.

Je joins à cette notice quelques détails sur d'autres essais faits au fourneau de Vellexon, afin de chercher à utiliser les vapeurs combustibles, qui s'échappent du gueulard, pour la réduction du minerai. Entre le gueulard et le four à air chaud se trouve un four peu étendu, sur la sole duquel nous avons placé le minerai à réduire : on avait fermé aussi bien que possible la plupart des ouvertures qui permettaient le mélange de l'air extérieur avec les gaz du gueulard, de manière à ce que la flamme conservât ses propriétés réductives. La température du four suffisait pour la cuisson de la chaux. Le minerai soumis au grillage était celui de la fontaine Godard. J'ai examiné deux échantillons retirés après demi-heure et après 2 heures de grillage; tous les deux étaient très-magnétiques ; l'acide muriatique les attaque facilement sans dégagement de gaz. La proportion relative des deux oxides de fer a été recherchée au moyen de l'acide sulfureux et du muriate de baryte.

Le minerai, après 2 heures de grillage, renferme :

		oxygène.	rapports
Argile et silice gélatineuse.	0,07		
Alumine soluble.	0,07		
Peroxide de fer.	0,57	. 0,175. . . .	3
Protoxide de fer.	0,26	. 0,059. . . .	1
Oxide de manganèse. . .	0,02		
	0,99		

Le minerai retiré après $\frac{1}{2}$ heure, a donné :

Sulfate de baryte.	0,91
Correspondant à peroxide de fer. . .	0,61
D'où protoxide.	0,23

Ces résultats prouvent que les minerais se réduisent facilement en oxide magnétique, mais qu'ils ne dépassent pas ce degré de réduction. En disposant le gueulard d'une manière plus convenable, de manière à pouvoir introduire des quantités d'air déterminées dans le mélange réductif, et en mêlant le minerai avec de la sciure de bois, on parviendrait sans doute à une réduction beaucoup plus avancée.

NOTE 2.

Je rapporte également ici quelques expériences faites au laboratoire de Vesoul, concernant la distillation du bois.

Tous les essais ont été faits à une température fixe, celle de l'ébullition du mercure (360°). Ce métal était placé dans une large capsule en porcelaine; les matières à essayer étaient introduites, soit dans une fiole à médecine, soit dans une capsule plus petite que l'on recouvrait avec un entonnoir en verre; la grande capsule et les appareils placés sur le mercure étaient recouverts par un large entonnoir qui servait à condenser la vapeur mercurielle.

Plusieurs rondelles de chêne (1) du poids de 4 gr.,50 à 6 grammes, ont été chauffées successivement sur le mercure bouillant pendant 1 heure $\frac{1}{2}$: elles ont toutes donné entre 31 et 33 pour $\frac{0}{0}$ d'un charbon dont la couleur était le noir intense, sans le reflet métalloïde qui caractérise le charbon fortement calciné. Au creuset de platine, ces charbons ont perdu, par une calcination à la chaleur blanche, 28 à 30 de leur poids de matières volatiles, ce qui porte la proportion de charbon qu'elles laissent, rapportée au poids du bois vert, à $31 \times 72 = 22,3$ ou à $33 \times 70 = 23,1$ de charbon.

Le goudron qui se dégage dans ces expériences ruisselle le long de l'entonnoir jusque près du mercure bouillant, où il se distille de nouveau, en laissant un résidu de charbon boursouflé et très-brillant.

J'ai chauffé dans une fiole 5 grammes de fer oxidé hydraté presque pur avec 1gr.,50 de sciure de chêne. Le mercure est resté en ébullition pendant plus d'une heure. La poussière du minerai de fer était devenue rouge, mais elle n'était nullement attirable au barreau aimanté. A 360° l'hydroxide de fer perd donc son eau, mais il n'est pas encore réductible par les produits de la distillation du bois.

L'action de la chaux éteinte sur le bois pendant sa distillation offre des circonstances assez remarquables.

Dix grammes de sciure de chêne ont été mêlés avec 10 grammes de chaux vive qu'on a réduite en bouillie

---

(1) Les rondelles proviennent du bois indiqué sous le n° 4, dans les expériences citées plus haut, sur la carbonisation rapide du bois vert.

pour la mêler avec le bois. Le mélange placé dans une fiole à médecine a été chauffé sur le mercure bouillant pendant 1 heure $\frac{1}{2}$. Il ne s'est presque pas formé de goudron, et les vapeurs qui exhalaient une odeur un peu éthérée, analogue à celle de l'acide pyro-acétique, ne rougissaient pas le tournesol; le résidu a été repris par l'eau qui s'est colorée en jaune. J'ai filtré, puis séparé l'excès de chaux par un courant d'acide carbonique. Ensuite, la liqueur filtrée a été évaporée à siccité, et elle a donné 1gr.,35 de sels bruns bien desséchés. Une partie de ces sels ont laissé 0,37 de chaux par grillage et calcination, ce qui correspond à la composition de l'acétate de chaux anhydre. Une autre partie des mêmes sels distillée à une température ménagée avec de l'acide sulfurique concentré, a donné un liquide incolore fortement acide, qui possédait une odeur d'acide acétique très-prononcée. Je l'ai saturée avec de l'eau de baryte, qui a donné un précipité de sulfite de baryte. La liqueur filtrée, traitée par l'acide carbonique et filtrée de nouveau, puis évaporée jusqu'à siccité, m'a donné un sel cristallisé en petites aiguilles, dont la dissolution précipitait abondamment le nitrate d'argent et le protonitrate de mercure. Tous ces caractères prouvent bien que l'acide combiné à la chaux est de l'acide acétique.

Si le résidu salin se compose uniquement d'acétate de chaux, ainsi que cela paraît probable, on voit qu'on peut obtenir, avec la sciure de chêne et la chaux éteinte, 12 pour $\frac{0}{0}$ au moins du poids du bois d'acétate de chaux, lequel correspond à 7 $\frac{1}{2}$ pour $\frac{0}{0}$ d'acide acétique anhydre. On pourrait peut-être utiliser ce résultat pour fabriquer l'acide acétique. On se servirait de menus débris de matières ligneuses, comme de la sciure de bois, de la paille hachée, des débris de vannage de blé, etc., avec de la chaux en bouillie, et on en formerait des briquettes que l'on chaufferait à la température la plus convenable, etc.

Lorsqu'on mêle 5 grammes de sciure avec 2 gr.,50 de chaux, l'absorption des vapeurs acides produites par la distillation n'est pas tout à fait aussi complète; il se dégage un peu de goudron.

Je n'ai pas examiné le résidu de la lixiviation de la sciure traitée par la chaux; il y a là des recherches fort intéressantes à faire Ce résidu est extrêmement combustible. Il s'embrase sans produire de flamme et il laisse du carbonate

de chaux tout àfait blanc. Si la chaux produisait le même effet sur les menues houilles que sur le bois, il serait facile d'obtenir des fours à réverbère complétement fumivores.

J'avais pensé d'abord qu'il y aurait avantage à substituer, dans le haut-fourneau, la chaux vive au calcaire employé comme castine. On a vu que celui-ci absorbait, dans la partie supérieure du fourneau, une quantité notable d'acide acétique. La chaux vive placée dans les mêmes circonstances se déliterait sous l'action de la vapeur d'eau et l'absorberait en même temps que l'acide acétique et le goudron. L'acétate de chaux formé ne se décomposant qu'au rouge naissant, en dégageant de l'esprit pyro-acétique, les propriétés fortement réductives de celui-ci pourraient être utilisées. Le grand état de division de la chaux après son extinction dans le fourneau, serait peut-être un obstacle à la réussite de ce procédé.

En employant la chaux vive au lieu de castine, dans les fourneaux au charbon de bois, on éviterait une cause assez active de refroidissement du courant d'air. On sait, en effet, d'après les expériences de M. Bischoff (*Annales*, tom. IX, page 301), qu'en décomposant le carbonate de chaux par la chaleur à une température évaluée à 1200° au moins, le gaz qui se dégage n'a qu'une température de 25°; la quantité de chaleur rendue latente est donc très-considérable.

NOTICE

Sur l'affinage du plomb argentifère par voie de cristallisation, en Angleterre;

Par M. SENTIS, Elève ingénieur des mines.

Dans un voyage métallurgique entrepris l'année dernière, nous avons vu pratiquer en Angleterre le procédé de l'affinage du plomb argentifère par voie de cristallisation, annoncé, il y a deux ans, par une notice insérée dans les *Annales des mines*. Curieux de vérifier les heureux résultats auxquels les manufacturiers anglais prétendent arriver, ou au moins d'examiner ce qui se passe pendant l'opération, nous avons rapporté des échantillons du plomb d'œuvre à diverses époques du traitement, et nous avons examiné sa richesse en argent. Les détails de manipulation de ce procédé très-délicat, que l'on peut désirer voir s'établir dans nos usines françaises, ne nous ayant pas paru sans importance, nous les avons étudiés avec soin. C'est l'ensemble de nos connaissances à ce sujet que nous mentionnons maintenant.

Décrivons d'abord l'opération telle que nous l'avons vu pratiquer à l'usine de Newcastle, appartenant à MM. Locke, Blackett et comp.

Fourneau. L'appareil d'affinage se compose de cinq grandes chaudières de fonte, chauffées chacune au moyen d'un foyer particulier, et de deux plus petites, ayant aussi leurs foyers. Ces chaudières s'appuient, par une partie de leur surface supérieure, sur des briques taillées et dis-

posées suivant la forme convenable. Le fond à nu de la chaudière est enveloppé par la flamme, qui se rend ensuite dans un conduit horizontal; ce conduit communique avec un rampant incliné qui aboutit à une cheminée de tirage. La forme des chaudières n'est pas celle d'une demi-sphère; le diamètre d'ouverture est de 1 mètre, mais la profondeur n'est que de $0^m,65$. La grille du foyer a $0^m,60$ de profondeur et $0^m,30$ de largeur. La cinquième chaudière est un peu plus petite que les autres; elle ne sert qu'à fondre le plomb débarrassé d'une grande portion de l'argent qu'il contenait, pour le couler en lingots.

Outils. Les outils employés dans l'affinage sont:

Une barre de fer taillée en biseau à l'une de ses extrémités, servant à détacher le plomb solidifié sur le bord des chaudières;

Une large écumoire que l'on chauffe durant l'opération dans l'une des petites chaudières.

Enfin, une disposition très-simple permet de mouvoir cette dernière pièce : quatre poulies fixées deux à deux peuvent rouler sur deux rails en bois traversant l'atelier à 2 mètres au-dessus des chaudières; deux autres poulies, aussi liées, roulent sur les axes des deux premiers systèmes; enfin, l'axe du dernier système porte une longue tige verticale terminée par un crochet. On obtient ainsi un point d'appui pour la tige de l'écumoire, dont on peut faire varier la position.

Pour la facilité du travail, le bord supérieur des chaudières s'élève au-dessus du sol de $0^m,55$, de telle sorte que les ouvertures des foyers donnent sur une galerie creusée dans le sol de l'atelier.

Opération. La charge se compose de soixante-trois à soixante-quatre saumons, pesant chacun environ 140 livres. Lorsqu'ils sont bien fondus et qu'on a enlevé le feu du foyer et mis à part la litharge qui recouvre le bain, on ajoute un ou deux saumons dans la masse du plomb liquide, pour accélérer le refroidissement; puis, si cela est nécessaire, on projette sur la surface du bain de l'eau savonneuse. Cette eau détermine sans projection une croûte métallique assez mince, que l'on enfonce avec une barre de fer, et l'on répète cette opération tant que le bain n'est pas parvenu à un refroidissement suffisant. On a atteint ce point quand on observe des cristaux nager dans la masse lorsqu'on l'agite. L'ouvrier réunit alors dans la chaudière le plomb solidifié sur les bords, et il remue le bain avec la barre, en la faisant mouvoir dans un grand cercle vertical dont il varie la position.

Pendant cette opération, destinée à établir l'uniformité de température dans toute la masse, un second ouvrier fait chauffer un large écumoir attaché à un manche de bois d'environ 4 $\frac{1}{2}$ pieds de longueur. Le diamètre de l'ouverture de l'écumoir est de 1 $\frac{1}{2}$ pied, et la profondeur de $\frac{1}{2}$ pied. Enfin, le diamètre des trous est de 1 centimètre.

Dix minutes environ après le commencement du travail, le dernier ouvrier se met à pêcher des cristaux; il laisse égoutter pendant quelques secondes le plomb liquide qui les recouvre, en les faisant sauter légèrement, puis il les déverse dans la chaudière suivante n° 2. L'opération se continue alors de cette manière : l'un des ouvriers pêche des cristaux avec l'écumoir, qu'il chauffe de temps à autre dans la petite chaudière accessoire voisine,

et les déverse dans la chaudière n° 2, tandis que le second ouvrier réunit au bain le plomb solidifié sur les bords, et agite la masse afin d'entretenir une température uniforme dans tous les points. Cette double opération dure au plus cinquante minutes, et à cette époque il ne reste plus dans la chaudière que seize saumons. Alors l'ouvrier, enlevant des cristaux comme précédemment, les jette à terre en deux tas; son aide les enlève peu de temps après, et les met de côté pour faire place nette au premier ouvrier, qui y jette de nouveau des cristaux. Ceci dure jusqu'à ce qu'il n'y ait plus que huit saumons dans la chaudière, ce que l'on reconnaît au moyen d'une mesure qui indique la hauteur du niveau du bain; à cette époque on enlève le feu du foyer n° 2, pour le mettre dans le foyer n° 1. Ayant coulé dans des lingotières mobiles les huit saumons de plomb enrichi qui restent au fond de la chaudière, on remet dans celle-ci les huit saumons jetés à terre, et on achève le chargement avec des saumons de plomb de même richesse en argent que ceux traités précédemment.

Théorie. Pour préciser ce qui se passe dans l'affinage du plomb par voie de cristallisation, il est nécessaire de connaître la richesse des différents produits auxquels donne naissance le traitement dans chaque chaudière. A cet effet, nous avons coupellé, au laboratoire de l'école des mines, des culots du plomb d'œuvre pris aux différentes époques d'une opération que nous avons suivie. La coupellation nous a permis de dresser le tableau suivant:

Le *plomb d'œuvre*, contenant		0,0012290	d'argent pour 1 gramme de plomb,	
A donné lieu à :				
Cristaux riches,	*id.*	0,0032030	*id.*	*id.*
Cristaux pauvres,	*id.*	0,0008623	*id.*	*id.*
Ces derniers ont donné lieu à :				
Cristaux riches n° 2,	*id.*	0,0021500	*id.*	*id.*
Cristaux pauvres n° 2,	*id.*	0,0005686	*id.*	*id.*
Ces derniers ont donné lieu à :				
Cristaux riches n° 3,	*id.*	0,0014540	*id.*	*id.*
Cristaux pauvres n° 3,	*id.*	0,0003413	*id.*	*id.*
Ces derniers ont donné lieu à :				
Cristaux riches n° 4,	*id.*	0,0008135	*id.*	*id.*
Cristaux pauvres n° 4,	*id.*	0,0001696	*id.*	*id.*

Une autre opération a donné les résultats suivants :

Le *Plomb d'œuvre*, contenant		0,0002340	d'argent pour 1 gramme de plomb,	
A donné lieu à :				
Cristaux riches,	*id.*	0,0005980	*id.*	*id.*
Cristaux pauvres,	*id.*	0,0000877	*id.*	*id.*
Ces derniers ont donné lieu à :				
Cristaux riches, n° 2,	*id.*	0,0002177	*id.*	*id.*
Cristaux pauvres, n° 2,	*id.*	0,0000325	*id.*	*id.*
Ces derniers ont donné lieu à :				
Cristaux riches, n° 3,	*id.*	0,0001300	*id.*	*id.*
Cristaux pauvres, n° 3,	*id.*	0,0000195	*id.*	*id.*

Nous voyons, d'après ce dernier tableau, que la teneur du plomb riche séparé dans la première cristallisation, et dont la quantité est environ $\frac{1}{8}$ du plomb primitif, est un peu plus grande que celle de ce dernier multipliée par 2,1; que la richesse du plomb pauvre séparé dans cette même opération surpasse un peu celle du plomb primitif multipliée par $\frac{1}{3}$. Un rapport à peu près semblable s'applique aux produits de l'opération dans cha-

que chaudière, et chacune de ces opérations donne lieu à des cristaux que l'on jette à terre pour les remettre ensuite dans la chaudière d'où on les a extraits, et qui ont, ainsi qu'on nous l'a assuré, une teneur à peu près égale à celle de l'alliage primitif. Enfin, le plomb résidu et riche des chaudières n° 2 et n° 3, et que l'on verse respectivement dans les chaudières n° 1 et n° 2, a une richesse peu différente de celle du plomb traité dans chacune de ces chaudières. On voit par-là en quoi consiste l'artifice du procédé; on proportionne les produits de chaque cristallisation de telle sorte, que chaque alliage riche et chaque alliage intermédiaire rentrent toujours à peu près, le premier dans la teneur de l'alliage traité dans la chaudière précédente, et le second dans celle de l'alliage traité dans la chaudière d'où on l'a extrait. Ce dernier tableau montre d'ailleurs que par trois cristallisations répétées sur le plomb d'œuvre de la teneur mentionnée ci-dessus, on finit par obtenir du plomb ayant une richesse plus de dix fois plus petite que la richesse primitive.

Si nous considérons le premier tableau, nous voyons que quatre cristallisations répétées sont nécessaires pour amener le plomb à une teneur qui surpasse encore le $\frac{1}{10}$ de la teneur primitive. Ainsi les dépenses en main d'œuvre et en combustible, pour amener ce dernier plomb (de richesse 0,0012290) à une richesse réduite au dixième, seront plus grandes que pour le premier plomb (de richesse 0,0002340). Si l'on considère d'ailleurs les rapports entre la richesse de chaque plomb pauvre et le plomb d'où il provient immédiatement, ou ces rapports renversés, on trouve les

nombres 1,42, 1,51, 1,66, 2,54, qui vont en augmentant de plus en plus. Remarquant enfin que le rapport entre chaque plomb riche et le plomb pauvre qui lui correspond, va sans cesse en augmentant, on peut conclure que la séparation du plomb et de l'argent se fait d'autant mieux, que le plomb argentifère est plus pauvre en argent: résultat conforme à celui que donne la comparaison des données définitives des deux tableaux ci-dessus.

Ces résultats ne sont pas aussi satisfaisants que ceux annoncés à l'usine de Newcastle. En effet, on y prétend que la teneur du plomb riche séparé dans une première cristallisation d'un plomb, contenant, par exemple, 10 onces par fodder (1), est à la teneur de celui-ci dans le rapport de 1 à 3,33 ou 3,35; la séparation du plomb et de l'argent se ferait donc d'une manière plus tranchée que nous ne l'avons trouvé dans les deux exemples cités plus haut. Or, cette différence entre les résultats annoncés et ceux qu'ont donnés des coupellations faites avec soin, a cette conséquence fâcheuse, qu'elle fait désirer la discussion de résultats économiques communiqués, fondés peut-être sur une base peu sûre, et cependant difficilement contestables. Ces résultats ne diffèrent pas de ceux publiés dans la notice que nous avons mentionnée, et que renferme la troisième série des *Annales des mines*.

540 quintaux de plomb, tenant 5 onces d'ar-

---

(1) 1 fodder = 21 quintaux de 112 liv. = 1.065k.,69.

gent par fodder, ont donné, après trois cristallisations, les résultats suivants :

440 quintaux de plomb pauvre tenant $\frac{1}{2}$ once d'argent par fodder;

15 quintaux de plomb tenant environ 5 onces d'argent par fodder;

84 quintaux de plomb riche tenant 29 onces d'argent par fodder;

1 quintal de plomb perdu.

L'affinage par cristallisation et la coupellation des 84 quintaux de plomb à 29 onces, ont donné lieu aux frais suivants :

Affinage par cristallisation.

	liv.	sh.
Main d'œuvre	4	2
Combustible	0	12
Droit de patente	3	3
1 quintal de plomb perdu	1	4

Coupellation.

	liv.	sh.	d.
Main d'œuvre : 3 sh. 6 d. par fodder de plomb coupellé.	0	14	»
Combustible : 12 q^x. 70 liv. par fodder de plomb coupellé.	0	8	8
Matériaux de coupelle et frais divers	0	6	4
Perte en plomb : 1/14 du plomb coupellé	7	3	0
	8	12	0
Ajoutant	9	1	0
on a : total des frais du traitement nouveau	17	13	0
tandis que les frais sont, dans l'ancien procédé	54	16	7

Tout en admettant l'exactitude de ces renseignements, qu'il nous soit permis de dire que la consommation en combustible nous paraît portée à un taux bien élevé; car dans toutes les usines aux environs d'Alston, que nous avons visitées, la quantité de houille consommée dans le four-

neau de raffinage surpasse rarement 3 quintaux pour chaque fodder de plomb coupellé. Cette considération et d'autres nous font présumer qu'une coupellation, qu'il paraît possible de mieux conduire, soutiendrait un peu mieux la comparaison avec l'affinage par cristallisation.

Maintenant l'avantage de ce dernier procédé se soutient-il également pour des plombs de diverses richesses en argent et de diverses natures? C'est ce qu'il serait important d'examiner, et à cet égard nous ferons les remarques suivantes.

Supposons qu'au lieu d'avoir à traiter un plomb contenant 5 onces d'argent par fodder, on ait à affiner un plomb qui ait une teneur quintuple, par exemple : les tableaux que nous avons dressés précédemment nous montrent que la séparation du plomb pauvre ayant une teneur près de dix fois moindre que la teneur primitive, exige déjà une dépense plus forte en main d'œuvre et en combustible; par conséquent, pour amener ce plomb à la richesse des plombs de litharge, la dépense de l'affinage par cristallisation se trouvera augmentée dans un assez grand rapport, la main d'œuvre et le combustible entrant pour plus de moitié dans la dépense établie ci-dessus. Que sera-ce donc si l'on donne à traiter des plombs contenant 100 onces par fodder, comme les plombs de Pontgibaud? Et ces plombs sont encore moins riches que beaucoup de ceux de Poullaouen et de Vialas.

Remarquons en outre que les frais de coupellation augmentent jusqu'à un certain point avec la richesse du plomb d'œuvre : en effet, plus ce

plomb est riche, plus aussi est grande la teneur en argent de la portion du plomb que l'on coupelle. Il est alors nécessaire de soutenir une température plus élevée pour donner aux particules de litharge une grande fluidité, afin qu'elles ne retiennent aucune particule d'argent : par suite, la quantité de combustible consommé et la perte en plomb volatilisé augmentent dans un certain rapport.

En définitive, avec un plomb d'une teneur plus grande que celle de 5 onces par fodder, le total des frais du traitement par le nouveau procédé augmente avec la richesse du plomb traité.

Dans la coupellation directe, la dépense en main d'œuvre, en combustible, etc., n'augmente guère dans les nouvelles circonstances : de sorte que la supériorité économique d'une méthode sur l'autre serait fortement diminuée dans ces mêmes circonstances.

Remarquons enfin que si l'usine de Newcastle est placée dans une condition spéciale telle qu'on y est conduit à ne pas augmenter beaucoup la teneur du plomb d'œuvre, afin d'obtenir du plomb de litharge qui a sur le plomb ordinaire un excédant de valeur, que lui donne la coupellation, un grand nombre d'usines sont situées dans des conditions menant au même résultat. En effet, pour que le plomb puisse se coupeller, il n'est pas nécessaire qu'il soit pur; on ne cherche donc pas à augmenter sans nécessité la difficulté de son extraction, et ce sont généralement des plombs impurs que l'on passe à la coupelle. Mais, après la formation et l'enlèvement des *abzugs*, c'est-à-dire

de divers sulfures composés en grande partie des métaux qui altèrent les qualités du plomb, après l'écoulement des *abstrichs* ou litharges noires impures, on sait que la litharge devient marchande, et le plomb qui résulte de sa réduction est d'une qualité bien supérieure, et sa valeur est beaucoup accrue.

Conclusions.

Il résulterait des considérations énoncées précédemment, que l'affinage par cristallisation ne s'appliquerait guère à des plombs passablement riches en argent, et surtout à des plombs aussi riches que ceux des usines françaises;

A des plombs pauvres en argent, mais impurs, à moins qu'il ne fût possible de trouver un débouché avantageux pour ce plomb impur.

Le nouveau procédé ne conviendrait donc bien réellement que pour des plombs pauvres et purs, c'est-à-dire analogues à beaucoup de ceux produits dans le Cumberland; et son avantage sur l'ancien serait d'autant plus grand que le plomb affiné aurait une richesse moindre; cette diminution n'ayant d'autre limite que celle dépendante des conditions économiques dans lesquelles on opère. Ainsi, dans l'usine de Newcastle il est suffisant que le plomb argentifère ait la teneur de 4 onces par fodder, ou contienne 0,000104 d'argent.

Telle est, ce nous semble, la juste valeur du procédé. Nous nous étayons, il est vrai, sur des considérations dont nous ne nous dissimulons pas

tout le vague, et qu'il serait peut-être possible de préciser davantage ; mais nous faisons encore une part assez belle au nouveau procédé, puisqu'il permet de retirer avec profit une portion de l'argent contenu dans des plombs versés dans le commerce, dont il altère sensiblement les propriétés et par suite la valeur.

NOTE

Sur un procédé suivi à l'usine de Kœnigsbronn, près Aalen (Würtemberg), *pour blanchir et décarburer en partie la fonte destinée à l'affinage*;

Par M. DE BILLY, Ingénieur des mines.

L'appareil dans lequel cette opération est pratiquée se nomme *weiss-ofen*; c'est un four à réverbère analogue aux fours à puddler, et dont la description et le dessin sont joints à cette notice.

Le principe de l'opération consiste à puiser la fonte dans l'avant-creuset d'un haut-fourneau, et à la verser sur la sole du weiss-ofen, où elle est exposée à l'action du courant naturel de la flamme augmenté d'un courant forcé d'air chaud venant du dehors.

On prend la fonte au moyen de cuillères en tôle enduites d'une mince couche de sable réfractaire, et on l'introduit dans le four par la porte de chargement; elle s'étend sur la sole de manière à présenter une grande surface, et elle reçoit un mouvement continuel par l'impulsion de l'air projeté sur la surface du bain métallique au travers de deux tuyères sous une pression de 16 pouces d'eau. L'orifice des tuyères a $0^{m},02$ de diamètre.

Il résulte de ce mouvement que la surface est sans cesse renouvelée, et que toutes les parties de la fonte sont successivement exposées à l'action du courant d'air.

Le four est chauffé avec de la tourbe, et maintenu à la température du blanc soudant.

Au commencement de l'opération on ajoute, à la fonte introduite dans le four à réverbère, environ 20 kilogrammes d'un mélange de calcaire, de minerai en grains, et de sornes pulvérisées, dans la proportion de :

200 parties en poids de sorne.
50 *idem* minerai en grains.
12 *idem* calcaire.

Cette addition paraît faciliter la décarburation de la fonte, ainsi que la séparation du silicium et de l'aluminium passés à l'état d'oxide.

Lorsque la fonte et les matières ajoutées ont séjourné dans le four à réverbère pendant une heure et demie à deux heures, on les fait écouler au travers d'une ouverture pratiquée au niveau de la sole et au-dessous de la porte de chargement. La fonte blanchie se rend dans un moule à grande surface, où elle forme une espèce de dalle d'environ $0^m,03$ d'épaisseur. Elle est recouverte par une couche de laitier que l'on en sépare en projetant dessus de l'eau en grande abondance, quand les matières se sont solidifiées et que la température en est encore élevée.

Quand on a commencé l'application de ce procédé, le minerai en grains n'entrait pas dans le mélange qu'on ajoute à la fonte; mais depuis qu'on fait usage de minerai, le fer obtenu par l'affinage de la fonte blanchie présente une cassure plus nerveuse.

Dans l'origine, le courant d'air forcé venant des tuyères était froid; alors on ajoutait environ 25

kilogr. de scories par opération; 15 kilog. de scories, soit environ 20 kilog. du mélange, suffisent depuis que l'on procède au vent chaud.

La charge par opération est de 3 à 400 kilog. de fonte brute; c'est aussi le poids du produit.

Quand le métal s'est refroidi, on le casse et on le pèse pour établir le rendement du haut-fourneau, comme si le weiss-ofen était une partie intégrante de celui-ci.

Le rendement des minerais, avant l'emploi du nouveau procédé, était de 33 pour $\frac{0}{0}$ de fonte.

Aujourd'hui que la fonte est pesée après avoir été blanchie, le rendement est le même, d'où il résulte que l'addition du mélange de calcaire, minerai et sornes pulvérisées, compense le déchet occasionné par le maséage.

Cette opération n'exige d'autre main-d'œuvre que celle du chargement de la fonte dans le weiss-ofen et celle de la coulée.

On consomme de 90 à 120 morceaux de tourbe par 100 kilogrammes de fonte blanchie, 90 quand l'opération dure une heure et demie, 120 quand la décarburation de la fonte est poussée plus loin par une opération plus longue. Il convient d'ajouter que la qualité des sornes a une grande influence sur la perfection du procédé. Lorsqu'elles sont riches en fer et de bonne qualité, l'opération marche plus vite; il faut alors moins de combustible, et l'on peut obtenir, dans ce cas, 100 kilogrammes de fonte fortement décarburée avec 80 à 90 morceaux de tourbe. Or, environ 350 morceaux de tourbe pèsent 100 kilogrammes; par conséquent, en admettant comme consom-

mation moyenne 100 morceaux de tourbe par 100 kil. de fonte blanchie, le poids du combustible employé est en poids 28,6 p. $\frac{0}{0}$ du produit obtenu.

Le mille de morceaux de tourbe rendu à l'usine coûte 3 florins, soit 6 fr. 46 c.; ainsi les 100 kilo. coûtent 2 fr. 26 c.; la dépense en combustible par 100 kilogrammes de fonte blanchie s'élève donc à 0 f. 65 c.

Les dépenses pour l'addition de scories, minerai et calcaire, sont très-peu considérables. Les sornes n'ont aucune valeur vénale; la valeur du minerai employé par opération peut s'élever à 2 kreuzer, soit. . . . . 0 fr. 07 c.
et les frais de bocardage des matières à 3 kreuzer, soit. 0 11

Total, 5 kreuzer, soit. . . . 0 fr. 18 c.

Le produit étant de 300 à 400 kil., la dépense par 100 kil. de fonte blanchie s'élève à environ 1 ou 1 $\frac{1}{2}$ kreuzer, soit environ 5 centimes.

Les frais de main-d'œuvre sont également peu coûteux. Un weiss-ofen occupe deux ouvriers et deux enfants, dont les salaires réunis sont d'environ 4 à 5 kreuzer, soit 0 fr. 14 à 0 fr. 18, par quintal métrique de fonte blanchie. Les frais de l'opération par 100 kil. de fonte blanchie peuvent donc se résumer de la manière suivante :

	fr. c.
28$^{kil.}$,6 de tourbe.	0,65
Dépenses pour l'addition de sornes, calcaire et minerai.	0,05
Frais de main-d'œuvre.	0,16
Total.	0,96

Là-dedans ne sont pas compris les frais de soufflage.

Il est à remarquer que la tuyère la plus rapprochée de la cheminée a certainement une disposition vicieuse, et qui ralentit la vitesse du courant d'air; car il suffit au vent des tuyères d'une pression excédant 16 pouces d'eau, pour que la flamme du four sorte au-dessous de la grille ou par le conduit *k* servant à l'introduction du combustible. Une meilleure disposition de la tuyère permettrait de lancer une masse d'air plus considérable dans un temps donné; elle accélérerait sans doute la décarburation et diminuerait la consommation de combustible en réduisant la durée de l'opération.

Peut-être conviendrait-il aussi d'augmenter le nombre des tuyères pour augmenter la masse d'air projetée.

Affinage de la fonte blanchie au weiss-ofen.

Les plaques de fonte blanchie, cassées en morceaux, sont traitées dans les foyers d'affinage par le procédé ordinaire.

Dans le traitement des fontes en gueuses, on consommait autrefois par 100 kil. de fer forgé, de 40 à 44 pieds cubes (1) de charbons tendres pesant 2 ½ kil. le pied cube, et la fonte rendait de 70 à 75 pour % de fer forgé.

Pour la fonte blanchie au weiss-ofen, on ne consomme plus que 30 pieds cubes du même charbon par 100 kilog. de fer en barres de 0m,04 d'équarrissage; et le rendement est de 82 p. %. Le produit d'un feu par semaine est de 3.500 kilog.

(1) Le pied en usage est le pied badois de 0m.,30 de longueur; est divisé en 10 pouces.

de barreaux de cette dimension, soit d'environ 14.000 kilog. par mois.

Mais si, au lieu de laisser la fonte dans le weiss-ofen pendant une heure et demie, on fait durer cette opération pendant deux heures, alors la décarburation de la fonte est plus complète, et l'affinage n'exige pas au delà de 20 pieds cubes de charbon pour 100 kilog. de massiaux, ayant de $0^m,08$ à $0^m,10$ d'équarrissage. Le rendement de la fonte s'élève à 86 p. $\frac{0}{0}$.

Dans ce cas, un foyer d'affinage produit par semaine de 5.500 à 6.000 kilog., soit de 22.000 à 24.000 kilog. de massiaux par mois.

L'accélération dans l'affinage de la fonte ne laisse pas le temps aux ouvriers de donner au fer en barres des dimensions au-dessous de $0^m,08$ à $0^m,10$ d'équarrissage. Ces barreaux étant très-imparfaitement soudés, il est indispensable de les soumettre à l'action d'un four à réverbère à réchauffer. Les fours dont on fait usage sont alimentés par de la tourbe, et les massiaux sont laminés en barres de toutes dimensions, cercles, feuillards, etc. On consomme dans cette dernière opération 80 de tourbe pour 100 de fer forgé.

La main-d'œuvre pour l'affinage de 100 kil. de fonte blanche est d'environ 1 florin 16 kreuzer, soit 2 fr. 72 cent.

On paie en salaires d'ouvriers pour 100 kil. de fer en barres étiré au marteau 1 flor. 22 kreuz., soit 2 fr. 94 cent.

Et pour 100 kil. de fer étiré au laminoir :

Quand ce sont de gros échantillons, tels que les bandages de roues, 6 kr., soit 0 fr. 22 c.

Quand ce sont de petits échantillons au-dessous

de 14 livres la barre, de 12 à 15 kreuzer, soit de 43 à 54 centimes.

Quand c'est de la verge de clouterie (petits carrés), 24 kreuzer, soit 86 centimes.

Ce sont les prix de l'ancien procédé d'affinage; mais, comme avec le maséage de la fonte, la fabrication a été augmentée d'un cinquième, on espère pouvoir réduire les frais de main-d'œuvre en proportion.

L'introduction du nouveau procédé d'affinage à l'usine de Kœnigsbronn a eu plusieurs avantages bien constatés : le premier est d'avoir contribué au perfectionnement de l'affinage proprement dit, qui jusqu'alors était fort retardé. Le second est dans la substitution de la tourbe à une partie du charbon de bois, circonstance très-favorable en ce que la tourbe s'obtient dans cette localité, à des prix fort au-dessous de celui de l'autre combustible.

Mais dans les usines où les procédés d'affinage sont plus parfaits, et où la tourbe ne peut s'obtenir à bon compte, les avantages du blanchîment de la fonte au weiss-ofen sont nécessairement moindres et peut-être nuls.

On pourrait penser que l'emploi de la chaleur perdue des foyers d'affinage pourrait remplacer le réchauffage à la tourbe; mais on ne pourrait guère obtenir de cette manière la chaleur soudante nécessaire pour le laminage des massiaux, d'autant plus que la diminution de la quantité de combustible employé dans l'affinage, aurait pour résultat presque nécessaire une diminution dans l'intensité de la chaleur dégagée par la flamme perdue.

Une partie de la tourbe employée à Kœnigsbronn est séchée naturellement à l'air libre, le reste artificiellement dans des fours chauffés par la chaleur perdue d'autres appareils. Le pied cube de tourbe séchée à l'air pèse environ 8 $\frac{1}{2}$ à 9 kil., et celle qui a été séchée dans des fours de 5 $\frac{1}{2}$ à 6 kilogrammes.

EXPLICATION DE LA PLANCHE I.

Four à réverbère, *dit* WEISS-OFEN, *pour la décarburation de la fonte destinée à l'affinage.*

FIG. 1. Coupe verticale du four.

FIG. 2. Coupe horizontale.

s. Sole en argile réfractaire qu'il faut renouveler de temps en temps.

p. Porte de chargement.

g. Grille sur laquelle on brûle de la tourbe.

k. Canal incliné par lequel on introduit le combustible.

t, *t*. Tuyères au travers desquelles le vent chaud est projeté sur le bain de fonte.

c. Cheminée de tirage, supportée par quatre colonnes en fonte; son couronnement est élevé de 14 à 15 mètres au-dessus de la sole du four.

b,*b*. Boîtes en fonte dans lesquelles l'air atmosphérique circule pour rafraîchir les deux autels du four, et empêcher que ceux-ci ne se détériorent trop promptement.

RÉSULTATS COMPARATIFS

De l'analyse des minerais de fer de Rancié et de leur traitement à la forge catalane;

Par M. FRANÇOIS, Ingénieur des mines.

Dans la première partie de ce travail nous examinerons rapidement la constitution géologique du gîte de Rancié; et nous étudierons le gisement et la nature des différentes variétés minérales qu'il renferme.

Dans la deuxième partie nous exposerons succinctement l'état actuel des chantiers, le mode d'exploitation; et nous indiquerons comment ils influent sur la qualité du minerai, afin d'en déduire sa richesse à l'extraction.

Dans la troisième partie nous examinerons le rendement en forge des minerais marchands, et nous tâcherons d'établir d'une manière à la fois analytique et empirique le degré de richesse du minerai nécessaire pour un rendement avantageux, étant donné d'ailleurs le cours des charbons, du minerai et des fers.

PREMIÈRE PARTIE.

Constitution géologique des mines de Rancié.

On sait que le gîte de Rancié est, suivant la plupart des géologues qui l'ont visité, un stockwerck déposé parallèlement aux strates. Il est compris entre les couches d'une formation calcaire, composant le massif du mont Rancié, et appartenant à l'étage supérieur des terrains de transition.

Les différentes espèces minérales qui s'y rencontrent, sont :

1° Le fer cabonaté rhomboïdal ou fer spathique;

2° Le fer hydraté manganésifère, quelquefois épigène (mine noire), plus ou moins chargé de chaux, et de fer spathique en décomposition;

3° Le fer oxidé hydraté compacte (mine ferrue);

4° Le fer oligiste (fer peroxidé).

Mode de gisement et nature des minerais de Rancié.

Chacune de ces variétés présente des particularités de gisement, qui paraissent intimement liées à leur nature, et que nous allons étudier.

Fer carbonaté.

(*a*) Le fer carbonaté ne se rencontre guère que dans le corps même des roches encaissantes et des calcaires ferrifères, intercalés au gîte, qui dans les anciens travaux forment des appendices ramuleux, partant, soit du toit, soit du mur, et courant irrégulièrement dans la masse métallique. Il y est confusément associé à des calcaires ferrifères passant, tantôt à des calcaires lamellaires, tantôt au fer hydraté manganésifère plus ou moins chargé de fer carbonaté. Aussi il est rare de le rencontrer à l'état de pureté : néanmoins on en observe, au voisinage de calcaires lamellaires, des rognons assez bien conservés (1). Il y est d'un blond foncé. Sa composition moyenne est :

Carbonate de fer.	85,00	(analyse n° 1)
id. de manganèse.	9,61	
id. de chaux. . .	3,00	La densité ou D = 3,27.
id. de magnésie.	2,39	La richesse en fer p. $\frac{0}{0}$ ou R = 40,16.
Gangue	0,00	
	100,00	

(1) La structure à grosses lames s'est ici moins bien prêtée à une association intime de la chaux, du manganèse et du fer spathique.

Le fer carbonaté rhomboïdal a toujours été rejeté dans le commerce, tant à cause de la difficulté de le traiter avantageusement par le procédé catalan sans avoir recours au grillage préalable, qu'à cause de son association intime à des calcaires ferrifères pauvres, qui d'ailleurs en rendent l'extraction très-difficile.

La variété en masse la plus riche a donné à l'analyse :

Perte au feu.	25,00	(2).
Oxide de fer.	37,00	
Oxide de manganèse. . .	0,80	D=2,55.
Chaux.	28,80	R=25,66.
Alumine.	2,10	
Silice et quartz	6,60	
	100,30	

Fer oxidé hydraté manganésifère, ou fer carbonaté en décomposition.

(*b*) Le fer hydraté manganésifère, plus ou moins chargé de fer spathique en décomposition, quelquefois fer épigène (mine noire), se rencontre, ainsi que nous venons de l'indiquer, associé et passant d'une manière insensible aux calcaires ferrifères, soit que ces calcaires forment les roches encaissant le gîte, soit qu'ils courent irrégulièrement dans la couche métallique. Aussi présente-t-il dans son ensemble un grand nombre de variétés plus ou moins chargées de carbonate calcaire, et dans un état d'altération plus ou moins avancé depuis le fer épigène friable (mine noire), jusqu'au fer spathique (*a*). Dans le voisinage des roches encaissantes auxquelles il passe insensiblement, il en affecte souvent la stratification; il y est très-dur, compacte; il donne une poussière d'un noir rougeâtre. Sa masse est rarement homogène; elle contient des parties très-calcaires, d'autres d'un noir friable, souvent des nids de mine noire épigène. On y observe beaucoup de

poils ou veinules postérieurement remplies de chaux carbonatée concrétionnée. En certains points du gîte où ce minerai se présentait abondant (mine de la Craugne), on peut remarquer des couches interrompues de calcaires ferrifères intercalées suivant la direction et l'inclinaison moyenne des couches. Cette circonstance donne à ce minerai (avant décomposition) un caractère de contemporanéité qu'il serait difficile de repousser entièrement. En présence de la multiplicité de variétés que présente le fer hydraté manganésifère, nous avons dû nous attacher à étudier sa teneur moyenne. L'analyse a donné :

Perte au feu.	17,80	(3)	16,20	(4).
Oxide de fer.	61,60		60,00	
Oxide de manganèse. .	4,10	D=3,53. . .	4,96	D=3,50.
Chaux.	10,00	R=42,90 . .	10,00	R=41,59.
Magnésie	2,60		3,20	
Silice gélatineuse. . . .	3 60		5,60	
	99,70		99,96	

Les variétés dont l'analyse a donné les résultats ci-dessus forment de puissants éboulis à la partie inférieure de la Craugne. Elles sont peu recherchées dans le commerce à cause de la difficulté du traitement. L'état de décomposition incomplète dans lequel s'y trouvent les carbonates métalliques, la présence de la chaux et de la magnésie carbonatées, le manque de matière siliceuse, en rendent le traitement pénible ; les scories en sont grasses et chargées, et les fers souvent pailleux. Mais le grillage préalable, suivi de l'immersion et de l'abandon dans l'eau, provoque la décomposition des carbonates et la séparation des terres, et donne naissance à une mine noire, très-douce, dont suit l'analyse :

Perte au feu.	8,00	(5)
Oxide de fer.	77,00	
Oxide de manganèse. . .	6,20	
Chaux	1,80	R=53,39.
Magnésie.	1,18	
Silice	6,30	
	100,48	

Or, les bonnes mines noires (épigènes), si recherchées à Rancié, donnent :

Perte au feu	6,60	
Oxide de fer	81,50	
Oxide de manganèse. . .	9,60	(6) D=3,69.
Chaux.	0,90	R=56,47.
Magnésie.	0,30	
Silice.	1,10	
	100,00	

Le rapprochement de ces deux analyses offre une analogie remarquable entre les effets du grillage et ceux de la décomposition du minerai en place. Ici l'altération du carbonate marche sous l'influence des réactions électrochimiques. En dehors de ces réactions le pouvoir dissolvant des eaux, pouvoir énergique sous une forte pression hydrostatique, entraîne les carbonates terreux (la magnésie sans doute à l'état de bicarbonate), et le plus souvent des carbonates métalliques que nous rencontrerons plus loin décomposés et déposés à l'état d'oxides amorphes. Par le grillage les carbonates sont ramenés à l'état d'oxides; l'immersion dans un léger courant d'eau entraîne les terres : la magnésie, moins soluble que la chaux, peut en partie passer à l'état de bicarbonate pour se dissoudre. Quoi qu'il en soit, les heureux effets du grillage nous ont conduit à appliquer à cette opération la flamme perdue des feux de forges; et aujourd'hui, à peu de frais,

on peut amener à l'état de mines douces les variétés dont les analyses portent les nos (3) et (4). Sans même recourir au grillage, on a rendu le travail moins pénible en élevant et évasant la face du contrevent, de manière que tout le minerai contenu dans le creuset dès le principe de l'opération, fût soumis à l'action du feu, et partant se trouvât dans des conditions de préparation plus complète. La présence de l'oxide de manganèse qui, dans ces variétés, est intimement associé à l'oxide de fer, contribue puissamment à faciliter le traitement rendu pénible par un excès de carbonate calcaire et par un défaut de matière siliceuse.

Les variétés précédentes se présentent quelquefois chargées de calcaire et de fer sphatique : nous pensons qu'alors on doit les rejeter, si toutefois elles dominent.

Fer hydraté compacte ou mine ferrue.

(*c*). Le fer oxidé hydraté compacte (mine ferrue) constitue la presque totalité du minerai actuellement extrait des mines de Rancié. Cette variété se présente en masse renfermant une grande quantité de rognons et de géodes d'hématite brune concrétionnée, souvent stalactiforme. Les circonstances de gisement dans lesquelles elle se trouve sont entièrement différentes de celles que présentent les variétés ci-dessus décrites. Comme celles-ci, elle ne passe jamais insensiblement aux roches encaissantes et aux calcaires intercalés : elle en est toujours séparée par une couche d'argile ocreuse, plus ou moins chargée de manganèse argentin pulvérulent. Les roches calcaires sur lesquelles repose cette argile présentent une surface lisse, bosselée, sur laquelle se manifeste l'action érosive et dissolvante des eaux d'infiltration plus ou moins chargées d'acide carbonique. Ici, la

nature et l'état concrétionné, géodique et stalactiforme de l'hydroxide de fer, son association au manganèse argentin et aux argiles manganésiennes, dont il se sépare facilement par le lavage, la nature et l'état de dépôt de l'argile appuyée soit aux roches encaissantes, soit aux calcaires intercalés, les rognons calcaires empâtés dans cette argile, dont la surface accuse l'action érosive et dissolvante des eaux, enfin la surface lisse et bosselée des calcaires sur lesquels repose la couche d'argile, tout paraît confirmer l'opinion que l'hydroxide compacte est un produit postérieur dû à l'action des eaux sur les minerais carbonatés, et peut-être en sous-œuvre sur l'hydroxide lui-même (1). Cette action lente, mais continue, paraît avoir déposé et déposer encore l'oxide hydraté dans des cavités qu'elle aurait peu à peu creusées et agrandies. Les argiles qui se rencontrent dans les géodes, dans les fissures du minerai, et surtout entre le minerai et les roches encaissantes, sont de même nature que le résidu donné par l'ensemble des calcaires de Rancié lentement attaqués par un acide très-faible.

La masse métallique se présente toujours chargée de poils d'argile. Les argiles de ces poils, ainsi que celles du toit et des murs, présentent des traces de fracture et de glissement de la masse

(1) Les bosselures de la surface des roches encaissantes, les rognons calcaires empâtés dans les argiles, sont composés de calcaires ferrifères compactes, qui, par un acide faible, sont bien plus lentement attaqués que les calcaires ferrifères tendres et les calcaires gris-blancs qui encaissent le gîte. C'est à l'action érosive des eaux qu'est dû le creusement de plusieurs des ramifications du gîte, surtout au mur. (Poutz, grotte de l'Auriette.)

sur tous les points vierges; ce qui confirme d'ailleurs l'opinion de creusement et de remplissage progressifs.

D'après ce mode de formation on conçoit facilement que le fer oxidé hydraté compacte ne se présente pas homogène. Tantôt il est en amas plus ou moins chargé d'argiles et de chaux carbonatée souvent concrétionnée; tantôt il se présente en géodes et en stalactites composées d'hématite brune, très-pure, quelquefois recouverte d'argiles manganésiennes; tantôt aussi il est chargé de quartz carié blanc pulvérulent; ce quartz est quelquefois repris par une pâte semi-cristalline de chaux carbonatée: il paraît provenir de la décomposition d'hydrosilicate d'alumine qui se rencontre en petits filons. Enfin l'oxide de manganèse ne se présente jamais intimement associé à l'oxide de fer; il est à l'état d'oxide argentin et d'oxide noir terreux uni à des argiles très-fines : il se sépare entièrement par le lavage. Tout accuse qu'il a été amené et déposé par les eaux. Toutes ces circonstances provoquent une grande variation dans la nature et le degré de richesse de l'oxide hydraté compacte. L'hématite brune et l'oxide compacte qui l'avoisine, constituent les variétés les plus riches. Ils donnent à l'analyse :

Perte au feu.	14,60	(7).
Oxide de fer.	79,10	
Oxide de manganèse.	2,15	D=4,08 pour l'hématite pure.
Chaux	0,70	D=3,74 pour l'hydroxide compacte.
Alumine.	0,30	R=54,77.
Magnésie.	0,00	
Silice et quartz. . .	3,40	
	100,25	

Des variétés composées d'hydroxide compacte

avec quartz carrié blanc, et chaux carbonatée semi-cristalline, ont donné :

Perte au feu.	18,00	(8).
Oxide de fer.	67,00	
Oxide de manganèse. .	1,50	D=3,60.
Chaux	2,80	R=46,45.
Alumine.	0,60	
Silice et quartz.	10,00	
	99,90	

Une variété, plus chargée de quartz carrié et de chaux carbonatée, a donné :

Perte au feu.	23,00	(9).
Oxide de fer.	56,00	
Oxide de manganèse. . .	0,40	D=3,38.
Chaux.	4,20	R=38,83.
Alumine	1,00	
Silice et quartz.	16,00	
	100,60	

Enfin une variété, composée de fer oxidé hydraté très-poreux, a donné :

Perte au feu.	25,00	(10).
Oxide de fer.	60,00	D=2,95.
Manganèse oxidé.	traces	R=41,60.
Terres et argile	15,00	
	100,00	

(*d*) Le fer peroxidé est assez rare. On le rencontre quelquefois au voisinage de l'hématite concrétionnée. A l'état micacé il se présente en nids et en placages dans les calcaires ferrifères qui avoisinent le gîte. Il est entièrement impropre au travail de la forge. Fer peroxidé (oligiste).

SECONDE PARTIE.

État des chantiers. — Mode d'exploitation.

Les différents minerais que nous venons d'étudier ne se présentent pas dans le commerce tels que nous les avons décrits : cela tient à l'état des chantiers et au mode d'exploitation. En effet, à l'exception d'un très-petit nombre de chantiers, toute l'exploitation des mines de Rancié est aujourd'hui assise dans des éboulis composés de blocs de minerai entassés avec des stériles provenant de l'éboulement des roches encaissantes et des calcaires intercalés. Les vides compris entre les blocs sont le plus souvent remplis de matières terreuses presque toujours stériles. Il y a plus : la pénurie de bons chantiers se fait sentir ; partant, l'extraction se porte sur du minerai médiocre, qui autrefois était laissé en présence de minerai plus riche. Ces circonstances provoquent dans la qualité du minerai une détérioration qu'il est impossible d'éviter entièrement, surtout avec l'exploitation au pic et au coin sur des blocs environnés de terres stériles. Nous sommes donc conduits à étudier la nature du minerai à l'extraction, tel qu'il peut et doit être livré au commerce.

Par suite du mode d'exploitation le minerai marchand se compose, terme moyen, de :

$\frac{8}{13}$ de minerai en roche de toutes qualités ;

$\frac{5}{13}$ de minerai en petits fragments et à l'état terreux.

La détérioration porte rarement sur le minerai en roche; mais c'est sur le minerai à l'état terreux que le mélange de stériles est bien difficile à éviter entièrement. Nous allons tâcher de rechercher jusqu'à quel point ce mélange peut

aller pour ne pas mettre les maîtres de forges en perte, dans l'état actuel des choses. Pour cela, la marche que nous avons crue la plus convenable consiste :

1° A rechercher par l'analyse la nature et la teneur des minerais marchands; Étude des minerais marchands.

2° Puis à établir d'une manière empirique le résultat donné en forge par chacun d'eux.

Les analyses ont porté sur des mélanges faits à l'usine de 500 à 600 kilogrammes de minerai pris en magasin.

Un minerai en roche représentant le terme moyen du mélange de toutes les bonnes variétés associées dans les proportions fournies par l'exploitation actuelle, a donné :

Perte au feu.	12,80	(11).
Oxide de fer.	68,00	
Oxide de manganèse. .	3,00	
Chaux	5,60	R=47,15
Magnésie	0,70	
Argile	9,60	
	99,70	

Avec quelque soin à l'extraction il est toujours facile d'obtenir que le minerai en roche ait cette teneur donnée par plusieurs analyses.

Un bon minerai marchand, de la forge de Cabre, reposé en magasin depuis plusieurs mois, a donné à deux analyses :

Perte au feu.	14,20	(12).
Oxide de fer.	64,00	
Oxide de manganèse. .	4,00	R=44,16.
Chaux	5,90	
Argile.	12,60	
	100,70	

Ce minerai renfermait : $\frac{8}{13}$ de minerai en roche à 47 de fer; et $\frac{5}{13}$ de minerai à l'état terreux

contenant : 89 parties de minerai en petits fragments, 5 d'humidité, 6 d'argile.

Un minerai marchand de la vieille forge de Niaux a donné :

Perte au feu.	15,00	(13).
Oxide de fer	62,20	
Oxide de manganèse. . .	2,30	R=43,20
Chaux	6,00	
Argile.	14,00	
	99,60	

Ce minerai renfermait $\frac{8}{13}$ de minerai en roche et $\frac{5}{13}$ de minerai à l'état terreux, contenant : 77 parties de minerai en petits fragments, 2 de calcaires stériles, 12 d'humidité, 9 d'argile.

Un minerai marchand (forges de Belista, de Villeneuve), a donné :

Perte au feu.	19,00	(14).
Oxide de fer.	56,00	
Oxide de manganèse. . .	1,60	R=38,83.
Chaux.	5,10	
Argile.	18,00	
	99,80	

Il renfermait $\frac{7}{13}$ de mine en roche et $\frac{6}{13}$ de mine à l'état terreux, contenant : 66 parties de minerai en petits fragments, 3 de calcaires stériles, 17 d'argile, 14 d'humidité.

Un minerai marchand (forges de la Vexanelle, de Guillhe, de la Prade, etc.), a donné :

Perte au feu.	18,60	(15).
Oxide de fer.	53,40	
Oxide de manganèse . .	2,00	R=37,03.
Chaux.	8,00	
Argile.	18,00	
	100,00	

Il renfermait $\frac{7}{13}$ de mine en roche et $\frac{6}{13}$ de mine

à l'état terreux, contenant : 64 parties de minerai en petits fragments, 5 de calcaires stériles, 16 d'argile, 15 d'humidité.

TROISIÈME PARTIE.

Nous allons maintenant examiner le travail à la forge des différentes variétés de minerais marchands dont nous venons d'étudier la nature. L'examen du rendement d'un minerai à la forge a été fait en réunissant, par des pesages pour un grand nombre d'opérations successives, les données qui suivent :

1° Poids du minerai employé;
2° *Idem* du charbon;
3° *Idem* du fer brut;
4° *Idem* du déchet au cinglage (bourres);
5° *Idem* du fer marchand;
6° *Idem* des scories.

Toutes ces données étaient disposées ainsi que l'indique le tableau suivant, sur lequel nous avons réuni quelques séries d'observations faites sur des forges en bonne allure.

N^os d'ordre des opérations.	POIDS du minerai.	POIDS du charbon.	POIDS du fer cinglé.	POIDS du déchet au cinglage.	POIDS du fer forgé. par masse.	POIDS du fer forgé. pour 100 du minerai employé.	POIDS des scories.	OBSERVATIONS.
	kil.							
1	566	480	185	21	162	28,6	192	Travail du deuxième feu de cabre en novembre et en décembre 1837. On a travaillé sous un vent rasant de 30 à 32 lignes de mercure un minerai à 43 p. o/o de fer. Ce minerai était assez chargé de la variété représentée par les analyses (3) et (4). Aussi les scories étaient grasses et contenaient 28.80 de fer. Le fer était de bonne qualité.
2	466	475	172	24	151	32,4	182	
3	549	466	174	23	147	26,8	176	
4	489	490	182	18	155	31,7	135	
5	531	487	184	21	167	31,5	211	
6	489	472	187	20	164	33,5	144	
						30,7		
etc.	...	...	...	...	...	...	...	....
1	482	480	172	28	149	30,9	267	Travail de Montgaillard en 1837. On y a traité un minerai représenté par l'analyse (13), assez chargé d'argile. On marchait avec un bon vent de 35 à 37 lignes. Les scories étaient sèches et riches à 22.25 p. o/o de fer.
2	546	492	180	24	157	28,8	261	
3	474	469	171	26	147	31,0	258	
4	480	491	182	30	149	31,1	246	
5	551	502	185	21	164	29,8	280	
						31,3		
etc.	...	...	...	...	...	...	...	....
1	560	525	156	8	132	23,6	282	Travail de la Prade en 1837. On y a traité un minerai argileux sous un vent fort. Les scories étaient bonnes et riches à 25.22 p. o/o de fer.
2	470	459	169	10	146	31,1	222	
3	601	583	199	9	171	28,5	346	
4	546	550	170	8	142	26,0	350	
						27,4		
etc.	...	...	...	...	...	...	...	....
1	532	500	180	21	164	30,8	180	Travail de la Vexanelle en 1837. On traitait un minerai à 43 p. o/o de fer, avec un bon vent doux de 28 lignes; les scories étaient riches à 23 p. o/o. Au massé n° 5 on chargea 450 kil. de minerai et 33 kil. de déchets manganésiens. Voir le résultat de cette opération conduite avec 24 à 26 lignes de vent.
2	532	510	172	29	156	29,3	223	
3	532	527	180	18	164	30,8	213	
4	532	523	183	23	164	30,8	249	
5	484	497	170	9	163	33,7	155	
						31,1		(1)

(1) Le tableau ci-dessus est un extrait d'un corps d'ob-

Dans le tableau ci-dessus nous avons cru devoir nous borner à l'indication de quelques exemples de roulement avec emploi de minerais voisins de la qualité minima nécessaire pour un rendement avantageux, puisque notre but est de rechercher cette limite inférieure. Non pas que plus d'une bonne forge (Cabre, Vieux et Nouveau Niaux, Montgaillard, etc.) ne marche quelquefois avec un minerai de choix, dont la richesse en fer s'élève jusqu'à 49 et même 51 p. $\frac{0}{0}$; mais c'est un cas particulier, aujourd'hui malheureusement trop rare, dont l'examen est assez indifférent à la recherche de la richesse minima.

Nous avons rapporté les prix de vente et d'achat au cours des forges de la vallée de Vicdessos, qui, toutes, consommant uniquement des charbons de commerce, représentent, toutes circonstances de roulement égales d'ailleurs, un bénéfice net inférieur à celui des usines marchant avec charbon-propriétaire. D'ailleurs, entre forges roulant avec charbon de commerce, le prix de transport du minerai et du charbon a nivelé le bénéfice net, de telle sorte que les résultats indiqués aux forges de la vallée de Vicdessos serviront à estimer très-approximativement le roulement des autres forges. Soit donc :

fr. c.	
7, 32	le prix de 100 kil. de charbon mêlé,
2, 33	le prix de 100 kil. de minerai marchand,
8, 63	la valeur réunie de la main-d'œuvre et de tous les frais généraux,
39, 82	le prix de 100 kil. de fer marchand à la forge.

---

servations nombreuses faites pendant les campagnes 1835, 1836, 1837, aux diverses saisons, en forges de toutes allures, marchant avec toutes qualités de minerai, de charbon et de vent. Ces observations, que nous tâchons d'augmenter chaque jour, nous servent de base pour nos recherches sur la théorie du traitement catalan, et sur la fixation des procédés-pratiques.

A. Nous examinerons en premier lieu le travail à plusieurs bonnes forges d'un minerai de choix, en roche, sans matières terreuses (analyse n° 11), ou bien d'un minerai passé au débourbage, et purgé de stériles. Soit 2fr.,58 c. le prix de ce minerai de choix.

Traitement d'un minerai en roche de teneur moyenne.

100 kil. de fer marchand valant.	39f.82c.
ont exigé l'emploi de 312 kil. de minerai.	8,05
284 kil. de charbon.	20,79
Frais généraux.	8,63
Total général. . .	37,47
Bénéfice net.	2, 35

L'analyse a donné pour les scories :

		oxygène			
Silice.	32,60.	16,60	16,60	(1)	
Protoxide de fer. .	38,20.	8,71	17,11		Richesse en fer, 29,49
— de manganèse	8,90.	2,18			
Terres.	20,30.	6,22			
	100,00				

La teneur en fer des scories est trop forte ; sous un bon vent modéré on eût obtenu un silicate neutre à 26,73 p. % de fer ; mais ici, pour ne pas perdre de temps, on est contraint de pousser le vent, la richesse du minerai le rendant un peu réfractaire et de préparation plus difficile. Quoi qu'il en soit, nous sommes conduit à conclure que de bons ouvriers peuvent et doivent soutenir et même augmenter ce rendement.

(1) Il résulte des recherches sur le traitement catalan que dans un feu bien et également chauffé, avec un bon vent, la liquation des scories s'opère toujours à l'état de silicates neutres. Cette loi, qui s'est toujours confirmée par l'expérience, est du plus haut intérêt pour la fixation des procédés-pratiques.

B. Les minerais marchands, indiqués aux analyses (12) et (13), traités avec un bon vent, ont donné le travail suivant :

Traitement de minerai marchand de teneur moyenne, 43 à 45 p. o/o de fer.

100 kil. de fer marchand valant.	39f.82c.
ont employé 324 kil. de minerai.	7, 54
300 kil. de charbon.	21, 96
Frais généraux.	8, 63
Total.	38, 13
Bénéfice net.	1, 69

Les scories ont donné à l'analyse :

		oxygène.	
Silice.	31,27	16,12	
Protoxide de fer. . .	32,36	17,84	Richesse en fer, 25 p. $\frac{0}{0}$.
— de manganèse. .	8,00		
Terres.	28,20		

Ce travail représente dans son ensemble l'allure des bonnes forges de l'Ariége, marchant avec un minerai de 43 à 45 p. $\frac{0}{0}$, qui ne renferme pas au delà de 8 à 10 de matières terreuses. Il est assez difficile à soutenir ; mais avec quelque soin de la part des forgeurs, et surtout de la part des maîtres de forges dans l'achat du minerai, on peut l'obtenir.

C. Au dessous de cette limite, dans l'état actuel du traitement catalan, il est difficile d'avoir un rendement avantageux. Des minerais de 39 à 41 p. $\frac{0}{0}$ de fer contenant de 14 à 16 de matières terreuses, ont donné :

Traitement de minerais pauvres.

100 kil. de fer marchand valant	39f.82c.
ont employé 375 kil. de minerai .	8,73
310 kil. de charbon. .	22.69
Frais généraux.	8.63
Total.	40,50
Perte.	0,23

Comme nous avions pour but de rechercher la richesse minima du minerai à l'extraction pour un rendement avantageux, nous nous sommes bornés à indiquer les limites inférieures du traitement du minerai brut. Nous avons pensé qu'il n'y avait pas lieu ici à exposer les résultats de traitements rendus plus avantageux et plus réguliers, soit par le grillage préalable, soit par le débourbage du minerai, soit aussi par addition de fondants manganésiens ou de minerai de Puymorens.

Sur les fontes phosphorées, etc.;

Par M. P. BERTHIER.

Il est certainement très-utile de faire un grand nombre d'analyses de fontes pour chercher à découvrir la relation qui existe entre les propriétés et la composition de celles-ci; mais dans l'état des choses, il ne faut pas donner trop d'importance aux résultats de ces analyses. En effet, les fontes, outre le carbone qui entre essentiellement dans leur composition, renferment presque toujours une proportion plus ou moins grande de chacune des substances suivantes, le silicium, le soufre, le phosphore et le manganèse, et quelquefois en outre de l'arsenic, un peu de cuivre et même de cobalt: chacune de ces substances influe d'une manière spéciale sur leurs propriétés; mais comme le plus souvent elles se trouvent plusieurs ensemble, on ne sait pas encore bien quel est le rôle que chacune d'elles joue en particulier; ce rôle est d'ailleurs d'autant plus difficile à apprécier, qu'il varie probablement beaucoup selon la proportion de la substance. C'est du moins ce que l'on observe relativement au carbone : il est bien prouvé que de très-faibles différences dans la proportion de ce corps, en amènent de grandes dans les propriétés des fontes, et que quelques millièmes de plus ou de moins suffisent pour constituer le fer à l'état de fonte, matière non malléable, ou à l'état d'acier, qui n'est que de la fonte très-pure peu carbonée, et susceptible d'être martelée et étirée

Considérations générales.

comme du fer. Dans l'état de nos connaissances il n'est réellement pas possible de prévoir quelles différences deux fontes présenteront dans leurs propriétés lorsqu'il n'y a pas une très-grande différence dans leur composition.

Une autre cause qui rend encore cette prévision plus difficile, c'est que les fontes ne diffèrent pas dans leurs propriétés seulement en raison des substances qu'elles renferment et de la proportion de ces substances, mais encore en raison de l'état dans lequel ces substances s'y trouvent, et aussi des circonstances dans lesquelles la fusion et la solidification ont été opérées. Le carbone existe dans les fontes en partie combiné et en partie libre disséminé à l'état de graphite, et retenu au milieu des molécules de fer par simple adhérence ; la proportion de ce graphite et le degré de ténuité de ses parties exercent une influence capitale sur les propriétés des fontes, en tant que celles-ci doivent être employées en nature pour objets de mouleries. Or, la proportion du graphite et la grandeur que prennent ses particules dépendent essentiellement du degré de chaleur auquel la fonte est exposée dans le fourneau, de la promptitude plus ou moins grande avec laquelle on la fait passer à l'état solide, etc.

Ces considérations me font penser que ce serait une chose qui pourrait être d'une grande utilité que de préparer en grand par synthèse, et dans des circonstances bien déterminées, des fontes de compositions variées, à l'aide d'un oxide de fer pur et des diverses substances que l'on voudrait y introduire, et d'étudier ensuite les propriétés de ces fontes. On y ferait entrer successivement et isolément, en proportion différente, le soufre, le

phosphore, le manganèse et l'arsenic qui s'y trouvent ordinairement. Puis on emploierait ces substances ensemble, en proportions diverses, mais déterminées à l'avance.

Ne me trouvant pas en position d'entreprendre ces importants essais, j'ai fait à ce sujet, principalement en ce qui concerne les fontes phosphorées, quelques expériences de laboratoire qu'il me semble bon de faire connaître; mais je rapporterai auparavant les résultats de l'analyse d'un certain nombre de fontes de diverses localités, ainsi que des produits qui les accompagnent.

Emploi de l'air chaud.

On discute beaucoup sur la question de savoir quelle influence l'emploi de l'air chaud dans les hauts-fourneaux peut avoir sur la qualité des fontes. L'observation semble montrer que cette qualité est tantôt améliorée, et tantôt détériorée. L'emploi de l'air chaud a pour effet certain d'élever la température dans le creuset : par suite, l'action réductive du charbon sur toutes les substances oxidées contenues dans le fourneau, doit être exaltée, et il paraîtrait tout naturel d'en conclure que les fontes préparées à l'air chaud doivent être plus impures que celles qui sont obtenues à l'air froid. Mais il n'en est réellement pas ainsi, et les analyses qui ont été faites montrent que sous ce rapport les deux espèces de fonte diffèrent peu l'une de l'autre. On doit conclure de là que l'air froid développe dans les hauts-fourneaux une température suffisamment élevée pour que toutes les réductions possibles s'y opèrent, et qu'à cet égard l'échauffement de l'air est tout à fait insignifiant. On remarque effectivement que les laitiers obtenus à l'air froid sont tout aussi sulfureux et contiennent par conséquent tout autant de cal-

cium que ceux qui proviennent du travail à l'air chaud; bien plus, chose assez singulière, et que l'on n'aurait pas pu prévoir, c'est que les fontes à l'air chaud renferment moins de silicium que les fontes à l'air froid, du moins lorsqu'on emploie la houille ou le coke comme combustible : il paraît qu'au dessus d'une certaine température, la chaux et les autres bases exercent sur la silice une action puissante qui s'oppose à sa réduction. La différence la plus notable que l'on observe entre les fontes à l'air chaud et les fontes à l'air froid, consiste dans la proportion du carbone, qui est généralement moindre dans les premières que dans les secondes; et aussi en ce que la plus grande partie de ce carbone y est à l'état de graphite et non en combinaison, circonstances qui tendent à rendre les fontes à l'air chaud plus propres au moulage, et même souvent plus difficiles à affiner que les fontes à l'air froid.

J'ai analysé des fontes et quelques produits des usines de Calder et des usines de la Clyde, près Glascow, marchant à l'air chaud, produits qui ont été recueillis sur les lieux, il y a quelques années, par M. l'ingénieur Dufrénoy. Voici le résultat de ces analyses.

Minerai. *Usine de Calder.* Le minerai le plus riche de tous ceux que l'on emploie dans l'usine de Calder, est un fer carbonaté qui forme des couches continues alternant avec des schistes dans le terrain houiller. Il présente des bandes nuancées de couleurs différentes dues à un mélange de matière houilleuse. Il contient :

Protoxide de fer. . .	0,494	Carbonate de fer.	0,800
Magnésie.	0,040	— de magnésie. .	0,081
Acide carbonique. . .	0,352	Argile.	0,018
Argile.	0,018	Houille.	0,096
Houille.	0,096		0,995
	1,000		

gr. 10 minerai cru. = Minerai calciné et grillé. . . .	gr. 6,10
1,34 argile calcinée.	1,34
0,60 carbonate de chaux. = Chaux.	0,34
Ont donné à l'essai :	7,78

Fonte. . .	gr. 3,83	Total. . .	6,07
Scorie. . .	2,24		
Fondant ajouté.	1,68	Oxygène.	1,71
Matière vitrifiable	0,56 = 0,056		

La fonte était truitée, douce et demi-ductile. La scorie était vitreuse et d'un jaune verdâtre.

La fonte n° 1, c'est-à-dire de première qualité et employée pour le moulage, est très-grise et à petites lamelles brillantes. La fonte n° 4, c'est-à-dire celle qui est de la moindre qualité, et qu'on livre aux usines de Newcastle pour la fabrication du fer, est blanche, cristalline et très-cassante. Ces fontes contiennent : Fontes.

	Fonte n° 1.	Fonte n° 4.
Carbone libre.	0,0140	0,0050
Carbone combiné. . .	0,0120	0,0190
Silicium.	0,0153	0,0120
Soufre.	0,0035	0,0140
Phosphore.	0,0039	0,0120
Manganèse.	0,0050	0,0038
Laitier.	0,0100	0,0000
	0,0637	0,0658

Laitiers. Les laitiers, qui accompagnaient ces fontes, contenaient :

	Fonte n° 1.	Fonte n° 4.
Silice.	0,369	0,336
Chaux	0,322	0,344
Magnésie.	0,131	0,123
Oxide de manganèse. .	0,024	0,011
Alumine.	0,136	0,174
Soufre.	0,010	0,010
	0,992	0,998

Le premier est compacte, à cassure inégale, presque matte, couleur purée de pois et opaque, non cristallisé; le second est compacte, à cassure inégale, presqu'unie, matte, d'un gris très-pâle tirant sur le verdâtre, et présente quelques indices de cristaux dans les cavités.

Argile. On exploite, dans le terrain houiller de Calder, une couche puissante d'une argile que l'on dit être très-réfractaire. Cette argile est schisteuse, d'un gris plus ou moins foncé, et présente beaucoup d'empreintes végétales; elle est composée de :

Silice.	0,537
Alumine.	0,196
Oxide de fer.	0,051
Houille et eau.	0,200
	0,984

Lorsqu'on la calcine en vase clos, elle reste mélangée de 0,04 à 0,05 de coke, ce qui probablement l'empêche de se déformer quand elle se trouve assez fortement échauffée pour se ramollir. Sa formule est probablement $A\,S^3 + Aq$.

Minerai. *Usine de la Clyde.* On exploite aussi auprès de la Clyde un banc régulier de fer carbonaté qui se trouve au-dessus de la couche de houille. Ce minerai présente des bandes de couleurs diffé-

rentes. Comme il est très-bitumineux, de même que le précédent, il en coûte peu pour le griller; il est composé de :

Protoxide de fer. . .	0,492	Carbonate de fer. .	0,798
Prot. de manganèse.	0,004	— de manganèse .	0,006
Chaux.	0,005	— de chaux. . . .	0,009
Magnésie.	0,049	— de magnésie. . .	0,100
Acide carbonique. .	0,364	Argile.	0,006
Argile.	0,006	Matière houilleuse.	0,080
Matière houilleuse.	0,080		0,999
	1,000		

gr.	gr.
10 minerai cru = minerai calciné et grillé.	6,00
2 quartz.	2,00
2 carbonate de chaux = chaux.	1,12
	9,12

Ont donné à l'essai :

	gr.		
Fonte. . .	3,83	Total . . .	7,48
Scorie. . .	3,65		
Fondants ajoutés. . . .	3,12	Oxygène. .	1,64
Matières vitrifiables. .	0,58 = 0,053		

La fonte était blanche, un peu cristalline, et ne s'aplatissait pas sous le marteau. La scorie était vitreuse, transparente, et légèrement bleuâtre.

On obtient à la Clyde quatre espèces de fontes qui sont désignées par les n°s 1, 2, 3 et 4; elles contiennent : Fontes.

	n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.
Carbone libre. . .	0,0180	0,0250	0,0152	0,0160
Carbone combiné.	0,0040	0,0070	0,0090	0,0050
Silicium.	0,0280	0,0220	0,0179	0,0110
Soufre.	0,0140		0,0060	
Phosphore. . . .	0,0130		0,0095	
Manganèse		0,0280	0,0260	0,0150
Laitier et sable. .		0,0210	0,0060	0,0105
	0,0770	0,1030	0,0836	0,0575

La fonte n° 1 est la fonte de première qualité; elle est très-recherchée pour le moulage, et elle se soutient toujours à un haut prix dans le commerce; elle est très-grise et à grains brillants. On n'y a pas recherché le manganèse.

La fonte n° 2 est encore bonne pour le moulage; elle est d'un gris noir et à grains fins. On n'y a recherché ni le soufre ni le phosphore.

La fonte n° 3 est employée seulement pour la fabrication du fer; elle est grise, à grains moyens médiocrement brillants.

La fonte n° 4 ne se produit qu'en petite quantité, et ne sert qu'à la fabrication du fer; elle est d'un gris clair, à grains extrêmement fins, très-luisants. On n'y a recherché ni le soufre ni le manganèse.

Laitiers. Les laitiers, qui accompagnent les fontes n°s 1 et 4, sont composés comme il suit :

	n° 1.	n° 4.
Silice	0,388	0,456
Chaux	0,266	0,240
Magnésie	0,087	0,070
Protoxide de fer	0,000	0,009
Oxide de manganèse	0,028	0,055
Alumine	0,215	0,104
Soufre	0,016	0,007
	1,000	0,941

Le laitier n° 1 est compacte, à cassure inégale, presque unie, un peu luisante, présentant quelques indices de lamelles, de couleur blonde, complétement attaquable par les acides avec dégagement d'hydrogène sulfuré et dépôt de soufre.

Le laitier n° 4 est vitreux, à cassure conchoïde luisante, d'un vert bouteille pâle et opaque; il a

l'aspect porphyrique, parce qu'il renferme une multitude de petits cristaux empatés. Les cristaux sont presque incolores et mats, et présentent en général une cassure rectangulaire. Lorsqu'on analyse le laitier par le moyen des acides, comme on l'a fait, il reste 0,056 de matière non attaquable.

On exploite dans le terrain houiller de la Clyde une argile qui passe pour être très-réfractaire, et que l'on emploie pour fabriquer les briques avec lesquelles on construit la chemise des hauts-fourneaux. Cette argile est complétement attaquable par l'acide sulfurique, et elle contient : Argile.

Silice.	0,464	Oxygène.	3
Alumine.	0,354	—	2
Oxide de fer.	0,008		
Houille et eau. . . .	0,170		
	0,996		

Les briques se composent d'un mélange à peu près à parties égales d'argile crue et de la même argile cuite.

Usine de Firmy (Aveyron). Parmi les variétés de fer carbonaté que l'on exploite dans les houillères de Firmy, on en distingue plus particulièrement deux qui viennent de la mine de Combes : l'une parce qu'elle est d'excellente qualité et riche ; l'autre parce qu'elle a la propriété de pouvoir être grillée sans addition de combustible, et de se fondre en grande partie pendant qu'elle subit cette opération. Minerais.

La première est en gros morceaux qui ont conservé la forme de tiges de végétaux, à cassure compacte et d'un gris très-foncé ; mais sa poussière est d'un gris pâle. Elle contient :

Protoxide de fer. . . .	0,490	Carbonate de fer. .	0,795
— de manganèse. .	0,007	— de manganèse.	0,011
Chaux.	0,020	— de chaux. . .	0,036
Magnésie.	0,030	— de magnésie. .	0,062
Argile.	0,034	Argile.	0,034
Acide carb. et houille.	0,419	Houille.	0,062
	1,000		1,000

gr.
10 minerai cru = minerai calciné et grillé. . . . 6,70

fondus sans addition, ont donné :

	gr.		
Fonte. . .	4,12	Total. . .	5,00
Scorie. . .	0,88		
		Oxygène .	1,70

La fonte était truitée et un peu malléable; la scorie bien fondue était pierreuse, compacte et grise.

La seconde variété est schisteuse, et veinée de bandes noires et de bandes d'un rouge pâle. On la considère comme très-chaude : elle tend à élargir le fourneau, et elle donne de la fonte blanche. Elle contient :

Protoxide de fer. . . .	0,359	Carbonate de fer.	0,554
— de manganèse. .	0,040	— de manganèse.	0,058
Chaux.	0,028	— de chaux. . .	0,046
Silice	0,110	Argile.	0,166
Alumine.	0,056		
Acide carb. et houille.	0,399	Houille et eau. .	0,168
	0,992		0,992

gr.
10 minerai cru = minerai calciné et grillé.. . 6,32
0,55 carbonate de chaux = chaux. 0,31
6,63

ont donné à l'essai :

	gr.		
Fonte. . .	2,64	Total. . .	5,34
Scorie. . .	2,70		
Fondant ajouté.	0,31	Oxygène. .	1,29
Matières vitrifiables.	2,39 = 0,239		

La fonte était blanche, lamellaire et extrêmement cassante; la scorie était vitreuse, transparente, presque incolore, et ayant à peine une légère teinte vineuse.

On n'a pas trouvé de phosphore dans ce minerai, et l'on ne sait pas ce qui rend la fonte aussi cassante; la propriété qu'il a de fondre au grillage, vient de ce qu'il renferme un mélange intime de combustible qui le transforme aisément en scorie à base de protoxide de fer.

Les fourneaux de Firmy allant à l'air froid produisent dans quelques circonstances de la fonte de si mauvaise qualité, que le fer que l'on en obtient ne peut pas être étiré, et tombe comme de la boue sous les marteaux. Cette fonte est d'un gris-blanc, très-boursouflée, et elle se réduit aisément en poudre aussi fine que l'on veut. Elle répand des vapeurs sulfureuses très-fortes au moment où elle sort du fourneau. Elle ne s'oxide au contact de l'air et de l'eau qu'avec une extrême lenteur, et pendant cette oxidation il se forme une quantité très-notable de matière huileuse; elle contient : Fontes.

Carbone libre	0,0018
Carbone combiné.	0,0100
Silicium	0,0130
Soufre.	0,0375
Phosphore.	0,0038
Laitier et sable.	0,0080
	0,0741

Les 0,0375 de soufre équivalent à plus de 0,100 de sulfure.

Lorsqu'on la fond à 150° dans un creuset brasqué, cette fonte ne diminue ni n'augmente de poids. Le culot est compacte, à texture cristalline, en feuilles de fougère, blanche avec une cer-

taine teinte bronzée, très-cassante; et çà et là il y a sur la surface quelques globules de laitier transparent et jaunâtre. Le sulfure de fer reste par conséquent intimement mélangé avec la fonte.

J'ai obtenu en petit une fonte presque identique avec celle de Firmy, en fondant ensemble au creuset brasqué,

20 gr.	de fer en petits clous,
2	de proto-sulfure de fer,
3	de verre terreux.
25	

Le culot métallique a pesé 22 gr. 20; il devait donc contenir:

Carbone.	0,010
Soufre.	0,034
	0,044

Il était d'une couleur un peu bronzée à l'extérieur, très-cassant, et d'un blanc de platine à l'intérieur. Sa structure était entièrement cristalline, mais non lamelleuse; la masse semblait comme formée d'une réunion réticulée d'une multitude de très-petites pyramides aciculaires, et elle présentait des cavités arrondies dans quelques parties; elle était d'ailleurs parfaitement homogène.

Une fonte très-blanche, très-cassante, et facile à pulvériser, provenant aussi des fourneaux de Firmy, a donné à l'analyse:

Carbone.	0,014
Silicium	0,044
Soufre	0,003
Phosphore.	0,023
Laitier et sable.	0,015
	0,099

Cette fonte s'est oxidée au contact de l'air et de l'eau avec une très-grande rapidité.

Lorsque l'on fond, au feu de mazerie ou à la finerie, la fonte ordinaire de Firmy, pour la puddler ensuite, il se forme à la surface de la matière métallique en fusion, au moment où on la coule, des plaquettes que l'on croyait être essentiellement composées de sulfure de fer, mais qui sont d'une toute autre nature. Ces plaquettes sont comme formées de noyaux lenticulaires enveloppés dans une substance métallique, mais écailleuse comme le graphite; le tout est très-cassant et aisément pulvérisable, et la poussière renferme une infinité de petites écailles d'apparence graphiteuse; la cassure des noyaux est d'un blanc un peu gris et grenue. Fonte mazée.

Quand on traite cette fonte par l'acide muriatique, il se dégage un gaz d'une odeur extrêmement désagréable, et il se forme des huiles qui se déposent en gouttelettes dans l'intérieur du col de la fiole; la fonte se divise en particules écailleuses, qui vers la fin ressemblent absolument à du graphite. Cependant tout se dissout, et il ne reste pas trace de carbone; et si l'on rapproche la liqueur à siccité, on n'obtient qu'une trace insignifiante de silice. L'analyse a donné :

Carbone.	0,0110 au moins.
Silicium.	0,0015
Soufre.	0,0140
Phosphore.	0,0132
	0,0397

Le carbone séparé par le moyen de l'iode était extrêmement combustible.

5 grammes de cette fonte, ayant été chauffés à

150° dans un creuset brasqué, n'ont ni augmenté ni diminué de poids. Le culot était homogène, très-cassant, à cassure cristalline lamellaire, et d'un blanc un peu gris. Il avait l'aspect d'une mauvaise fonte ordinaire, et ne conservait aucune apparence de structure feuilletée. Il est donc probable que les plaquettes ne doivent leur structure écailleuse qu'à quelques circonstances particulières de refroidissement.

Fonte. *Usine de Salles* (*département du Finistère*). Quoique le fourneau de Salles ne soit chauffé qu'avec du charbon de bois, il ne produit que de la fonte très-cassante, qui ne donne à l'affinage que du fer de la plus mauvaise qualité. Cette fonte est blanche, et facilement pulvérisable : elle s'oxide promptement au contact de l'air et de l'eau; elle contient :

Carbone.	0,0301
Silicium.	0,0060
Phosphore.	0,0122
Laitier et sable.	0,0100
	0,0583

Elle ne renferme ni soufre ni manganèse.

Minerai. Le minerai qui contribue le plus aux mauvaises qualités de cette fonte vient de Guernafroulo, et se trouve par petits lits dans des argiles superficielles qui reposent sur le terrain de transition; il est en morceaux amorphes, compacte, et d'un jaune brun; il contient :

Peroxide de fer.	0,668
Oxide de manganèse. . . .	0,038
Acide phosphorique. . . .	0,054
Argile.	0,078
Eau.	0,154
	0,992

gr.		gr.
10	minerai cru = minerai calciné. . .	8, 26
1	verre terreux.	1, 00
0,5	carbonate de chaux = chaux	0, 27

ont donné à l'essai : 9, 53

Fonte 4gr.,82 Scorie 2, 31		Total.	7, 13
Fondants ajoutés.	1, 27	Oxyg.	2, 40
Matières vitrifiables. . . .	1, 04 = 0,104		

La fonte était blanche et très-cassante ; la scorie était vitreuse et transparente.

Usine de Sava en Carinthie. Cette usine est alimentée par des fers spathiques, qui produisent des fontes manganésées, que l'on affine pour acier par la méthode bresciane. La fonte de première qualité est d'un beau blanc d'argent, à cassure radiée et à grains très-fins. On la réduit aisément en poudre sous le pilon ; elle contient : Fonte.

Carbone combiné.	0,020
Carbone libre.	0,005
Silicium.	0,007
Manganèse.	0,045
Laitier et sable.	0,007
	0,084

Usine de Malapane (Haute-Silésie). Le fourneau de Malapane est chauffé avec du charbon de bois. En le surchargeant de scories de forges, on obtient une fonte qui prend une grande fluidité, et dont on fait des cloches très-sonores et solides. Cette fonte est blanche, mais peu éclatante, cristalline, mais non lamelleuse, et elle ne présente ni bulles ni cavités. Elle est si dure, qu'il est impossible de la limer ; mais on Fonte.

peut la réduire en poudre et la tamiser : elle ne s'oxide qu'avec une extrême lenteur au contact de l'air et de l'eau, et il ne se produit presque que de l'oxide magnétique pendant l'oxidation. Son analyse a donné :

Carbone combiné.	0,036	
Carbone libre.	trace.	
Silicium.	0,007	au plus.
Manganèse	0,005	
Cobalt	trace notable.	
	0,048	

C'est donc une fonte très-pure, mais très-chargée de carbone.

Laitier. Le laitier qui accompagne cette fonte est vitreux, bulleux, transparent, et d'un beau vert bouteille. L'acide muriatique concentré et bouillant l'attaque complétement ; il est composé de :

Silice.	0,556	oxygène	290
Chaux	0,128		36
Magnésie.	0,036		14
Protoxide de fer.	0,125		28
Protoxide de manganèse. . .	0,004		1
Alumine.	0,142		65
	0,991		

c'est par conséquent un bisilicate.

Chauffé dans un creuset brasqué sans addition, il donne 0,087 de fonte et 0,885 d'une scorie vitreuse, transparente, et d'un vert clair ; mais quand on le fond avec addition de moitié de son poids de carbonate de chaux, il produit 0,10 de fonte, et la scorie est vitreuse et tout à fait incolore.

Il est évident que dans cette opération métallurgique la surcharge en scories de forges a intro-

duit dans les laitiers de l'oxide de fer qui a rendu ceux-ci très-fusibles, ce qui a permis d'abaisser la température du fourneau, et que c'est à raison de cette circonstance que la fonte s'est surchargée de carbone.

Usine de Joinville (Haute-Marne). Les fontes de la Haute-Marne sont truitées en général; mais on en obtient quelquefois de blanches. On a trouvé dans une pareille fonte provenant du fourneau de Joinville : Fonte.

Carbone combiné . . .	0,024
Carbone libre	0,004
Silicium	0,008
	0,036

Elle ne contenait ni soufre ni manganèse; on n'y a pas recherché le phosphore.

Cette fonte était d'un blanc pur, mais peu éclatant, à cassure inégale et grenue, et ne présentant aucun indice de cristallisation. Elle était très-difficile à casser, et elle recevait sensiblement l'empreinte du marteau.

Analyse des laitiers qui accompagnent les fontes phosphorées. On sait que la chaux exerce une action désulfurante assez forte sur les minerais de fer à la température des hauts-fourneaux, et qu'il résulte de cette action que les laitiers se chargent d'une proportion plus ou moins grande de sulfure de calcium. Il n'était pas vraisemblable que la chaux donnât naissance à du phosphure de calcium avec les minerais phosphorés, mais on pouvait croire qu'elle s'opposerait à la réduction de l'acide phosphorique, et qu'elle retiendrait une portion de cet

acide dans les laitiers. Malheureusement l'expérience montre au contraire que ceux-ci n'en contiennent jamais la plus petite trace, lors même qu'ils accompagnent des fontes très-chargées de phosphore. Je l'ai recherché avec les soins les plus minutieux dans plusieurs de ces laitiers, et particulièrement dans un laitier de Firmy et dans un laitier d'Alais que l'on soupçonnait pouvoir en contenir beaucoup, et je n'en ai pas trouvé trace. J'ai fait cette recherche de plusieurs manières, et cela m'a mis dans la nécessité d'étudier avec attention les propriétés de quelques phosphates.

Phosphate de chaux et alumine.

Si l'on ajoute à une dissolution de phosphate de chaux dans un acide un excès de muriate d'alumine, et que l'on sature ensuite la liqueur avec de l'ammoniaque, l'alumine se précipite en entraînant tout l'acide phosphorique, et la chaux reste en totalité dans la dissolution. 1 p. d'alumine est plus que suffisante pour décomposer de cette manière 1 p. de phosphate de chaux des os.

Phosphate de magnésie et alumine.

Le phosphate de magnésie en dissolution est décomposé aussi par l'alumine, lorsque l'on précipite cette terre au moyen du carbonate d'ammoniaque dans une dissolution étendue.

Phosphates terreux et oxide de fer.

Le peroxide de fer se comporte avec le phosphate de chaux et le phosphate de magnésie de la même manière que l'alumine.

Si au contraire on versait de l'hydrosulfate d'ammoniaque dans une dissolution qui contiendrait du phosphate de fer et un excès de chaux ou de magnésie, tout l'acide phosphorique se trouverait dans le précipité à l'état de phosphate de chaux, ou de phosphate ammoniaco-magnésien.

Phosphate de fer et alumine.

Ayant mêlé une dissolution muriatique de 0gr,5

de phosphate de fer et de $0^{gr},5$ d'oxide de fer, avec une dissolution de 5^{gr} d'alun ammoniacal contenant environ $0^{gr},6$ d'alumine, j'ai fait successivement trois précipités dans la liqueur au moyen du carbonate d'ammoniaque : le premier était d'un blanc blond comme le phosphate de fer pur; le second et le troisième étaient d'un jaune d'ocre, et devaient se composer essentiellement de sous-sulfate de fer. La liqueur décolorée ne contenait que de l'alumine, et les deux premiers précipités n'en renfermaient pas du tout. Cette expérience portait à croire qu'il serait possible de décomposer le phosphate d'alumine par le peroxide de fer; mais cette décomposition n'a pas lieu.

Si l'on dissout ensemble du phosphate d'alumine et du phosphate de fer dans de l'acide muriatique, et que l'on verse du carbonate d'ammoniaque goutte à goutte dans la liqueur étendue, le précipité est homogène depuis le commencement jusqu'à la fin. Il est d'un rouge moins foncé que l'hydrate de fer pur, et presque transparent; il ne se filtre qu'avec une extrême lenteur, et la liqueur ne se décolore qu'au moment où elle ne contient plus rien. Phosphate d'alumine et oxide de fer.

Lorsque l'on précipite par l'ammoniaque une dissolution d'alun à laquelle on ajoute du phosphate de soude en excès, le sel qui se dépose est le sous-phosphate $\dddot{Al}^4 \ddot{\ddot{P}}^3 + 18\dot{H}$, identique avec la wawellite. Ce sel est gélatineux et d'un blanc d'ivoire; il est incomparablement plus soluble dans l'ammoniaque que l'alumine, et quand il est calciné il se dissout rapidement dans l'acide muriatique, tandis que l'alumine pure s'y dissout à peine. Phosphate d'alumine.

Lorsque l'on fait digérer du phosphate d'alumine dans de l'ammoniaque en excès, il est décom- Et ammoniaque

posé de telle sorte qu'il se dissout un phosphate acide, et que le résidu, devenu très-basique, est composé de :

Alumine	0,742	— 4 atomes.
Acide phosphorique	0,258	— 1 atome.

Et charbon.

Le phosphate d'alumine A^4P^5 est décomposé par le charbon, mais non pas complétement, du moins à la température de 50 à 60° p. : 1gr. de ce sel ayant été mêlé avec 2gr. de sucre en poudre et chauffé dans un petit creuset de platine, il est resté une masse pulvérulente noire, qui par grillage est devenue blanche et a pesé environ 0gr.,58. Il s'ensuit que les deux tiers à peu près de l'acide phosphorique se sont dégagés dans l'expérience, et que le résidu devait être le phosphate $A^n P^5$ comme le précédent. Les parois du creuset étaient devenues raboteuses; elles avaient été sensiblement attaquées par la vapeur du phosphore qui s'est dégagé. La décomposition serait peut-être complète à la chaleur de 150°.

Et sulfate d'ammoniaque avec alcool.

Le sulfate d'alumine et le sulfate de peroxide de fer avec excès d'acide, se dissolvent très-bien l'un et l'autre dans l'alcool; mais lorsque ces sels sont combinés avec le sulfate d'ammoniaque, ils sont tout à fait insolubles dans ce réactif, même affaibli au point de ne marquer que 25° à l'aréomètre. On peut se servir de cette propriété pour analyser le phosphate d'alumine et le phosphate de peroxide de fer, en procédant à peu près comme M. Berzélius l'a fait le premier pour analyser le phosphate de chaux. On mêle le phosphate avec environ le double de son poids de sulfate d'ammoniaque, on dissout le tout dans de l'acide sulfurique, on rapproche la dissolution à chaud jusqu'à pellicule, on la laisse refroidir, on la mêle

avec à peu près son volume d'alcool ordinaire, on filtre le dépôt, et on le lave avec de l'alcool à 25°. Ce dépôt contient tout l'oxide de fer ou toute l'alumine à l'état de sels doubles et complétement séparés de l'acide phosphorique. Pour doser cet acide, qui se trouve dans la liqueur, on étend celui-ci avec un peu d'eau, on la fait bouillir, puis on y ajoute de l'ammoniaque et une dissolution de sulfate de chaux; ou bien encore on en précipite l'acide phosphorique en y ajoutant un poids déterminé d'oxide de fer dissous dans l'acide muriatique et ensuite de l'ammoniaque.

Et silice.

On sait que l'on analyse ordinairement le phosphate d'alumine en le fondant avec de la silice et un carbonate alcalin, lavant dans l'eau pour séparer le silicate double d'alumine et d'alcali qui s'est formé, et précipitant ensuite l'acide phosphorique contenu dans la liqueur. Au lieu de cela on peut dissoudre le phosphate dans la potasse caustique, précipiter l'alumine de cette dissolution à l'état de silicate potassique, au moyen d'une dissolution de silicate de potasse; mais alors la liqueur restant fortement alcaline retient presque toujours une certaine quantité de silice et d'alumine en dissolution. On évite cet inconvénient en substituant la silice pure au silicate alcalin. On prend pour cela de la silice préparée chimiquement; par exemple, de la silice qui provient de l'analyse des silicates, et on la fait bouillir avec la dissolution de phosphate. De cette manière l'alcali s'en sature, et il ne reste pas du tout d'alumine dans la liqueur. 3 p. de silice sont plus que suffisantes pour précipiter complétement 1 p. d'alumine.

Laitier de Firmy.

Le laitier de Firmy dans lequel j'ai recherché l'acide phosphorique, accompagnait une fonte de

mauvaise qualité. Il était compacte, sans la moindre bulle, à cassure luisante, d'un gris olivâtre très-pâle et opaque ; il ne renfermait pas de soufre, et il a donné à l'analyse :

Silice	0,400	oxygène	208
Alumine	0,155	—	72
Chaux	0,300	—	84
Magnésie	0,070	—	26
Protoxide de fer	0,030	—	7
Prot. de manganèse	0,035	—	8
	0,990		197

Pour y rechercher l'acide phosphorique, on l'a traité par l'acide muriatique, on a séparé la silice, et l'on a précipité la dissolution par l'ammoniaque. Le précipité ayant été lavé et calciné, on l'a partagé en deux parties égales : la première a été fondue avec sept fois son poids de potasse à l'alcool, puis on a délayé dans l'eau, à laquelle on a ajouté un peu d'alcool pour séparer le fer et la totalité du manganèse, et l'on a ensuite fait bouillir avec 3 p. de silice : toute l'alumine a été ainsi séparée, et l'on n'a trouvé dans la dissolution qu'une trace de silice sans acide phosphorique. L'autre portion du précipité alumineux a été dissoute dans l'acide sulfurique, puis traitée par le sulfate d'ammoniaque, l'alcali, etc., et le résultat a été le même.

Laitiers d'Alais. Les laitiers d'Alais renferment une forte proportion de chaux. Le plus ordinairement ils sont d'un brun de résine, homogènes, compactes, et à cassure conchoïde vitreuse ; mais souvent ils sont marbrés de parties qui sont colorées d'un beau bleu. Ces deux laitiers diffèrent peu de composition l'un de l'autre ; ils contiennent :

	Laitier brun.		Laitier bleu.
Silice.	0,414	—	0,465
Alumine	0,094	—	0,100
Chaux	0,370	—	0,350
Magnésie. . . .	0,057	—	0,040
Protoxide de fer.	0,036	—	0,030
Soufre	0,014	—	0,014
	0,985		0,999

Ils renferment en outre environ 0,002 de baryte qui provient du sulfate de baryte dont le minerai est mélangé, et il y a dans le laitier bleu un oxide métallique auquel il doit sa couleur.

J'ai recherché l'acide phosphorique dans ces laitiers, par les moyens décrits ci-dessus, sans en trouver la plus petite trace. De plus j'en ai fondu 5gr. au creuset d'argent avec 15gr. de potasse caustique; j'ai délayé dans l'eau, filtré, et j'ai séparé la silice et l'alumine contenus dans la liqueur; j'ai trouvé 0gr.,3 de la première et 0gr.,1 de la seconde. J'ai chauffé ces deux substances avec 0gr.,6 de carbonate de soude, et après avoir lavé j'ai examiné la liqueur, mais elle ne contenait qu'une trace de silice et d'alumine, et ne renfermait pas d'acide phosphorique.

Laitier titané.

La matière métallique qui colore le laitier d'Alais n'y est que disséminée mécaniquement et non combinée, et il est facile de l'extraire et de l'obtenir à l'état de pureté. Pour cela, il faut délayer dans une grande quantité d'eau le laitier pulvérisé et tamisé, et ensuite verser dessus de l'acide muriatique jusqu'à ce que l'action commence à avoir lieu, ce que l'on reconnaît à l'odeur d'hydrogène sulfuré qui se manifeste. De cette manière la plus grande partie de la silice reste en dissolution avec les bases. On décante et on traite

de nouveau le résidu par l'acide muriatique en agitant fréquemment ; on le lave après cela par décantation, puis on le fait digérer à chaud avec de la potasse caustique, pour enlever la portion de silice qui a pu se déposer à l'état gélatineux, et on lave par décantation ; enfin on le traite encore une fois par l'acide muriatique étendu, et on achève le lavage. Lorsque l'on emploie de l'acide du commerce pour faire cette préparation, le dépôt noir bleuâtre qui reste se trouve contenir plus des deux tiers de son poids de sulfate de baryte, et il faut alors le purifier en le faisant bouillir alternativement avec une dissolution de carbonate de soude et avec de l'acide muriatique.

La matière colorante ainsi purifiée est noire et matte. Quoiqu'elle ne se trouve dans le laitier que dans la proportion de un millième ou un peu plus, elle le colore en un bleu très-intense. A la chaleur sombre il s'en dégage ordinairement un peu de soufre qui provient du sulfure contenu dans le laitier, mais elle ne change pas d'aspect ; à la chaleur rouge elle pâlit peu à peu, et elle finit par devenir d'un blanc un peu blond. L'acide sulfurique bouillant ne l'attaque que faiblement ; l'acide fluorique la dissout ; quand on la chauffe au creuset avec de la potasse, et qu'on lave avec de l'eau, on trouve que la liqueur alcaline ne renferme presque rien ; le résidu se dissout ensuite aisément dans les acides, et il se comporte absolument comme de l'oxide de titane qui contiendrait une petite quantité d'oxide de fer.

On a observé des laitiers bleus dans plusieurs usines, et l'on a toujours cru qu'ils devaient cette couleur à un phosphate métallique. Il est très-probable qu'ils sont tous colorés par de l'oxide de

titane, comme celui d'Alais. Ce dernier laitier étant aisément attaquable par les acides, il sera facile d'en extraire une certaine quantité de la matière bleue, et de l'examiner pour savoir si elle ne renferme pas autre chose que du titane : c'est ce que je me propose de faire lorsque j'aurai pu me procurer une masse suffisante de ce laitier.

Préparation des fontes phosphorées. Le phosphate de chaux se fond très-bien avec l'argile et la chaux, et augmente même la fusibilité du mélange, à la faveur de l'acide phosphorique qu'il contient. Phosphate de chaux et argile.

20 gr.	d'argile calcinée.	20 gr.
20	marbre = chaux.	11
8	os calcinés.	8

chauffés à 150° dans un creuset nu, ont donné un verre compacte, homogène, parfaitement transparent, et d'un vert olive pâle; les parois du creuset avaient été fortement attaquées.

Lorsqu'on fond un mélange semblable dans un creuset brasqué, une partie de l'acide phosphorique est décomposée par l'action du charbon, et le verre que l'on obtient exhale l'odeur phosphoreuse sous le choc du marteau. Enfin, quand on ajoute du poussier de charbon à ce mélange, la décomposition de l'acide phosphorique est à peu près complète, et la matière perd de sa fusibilité. Avec charbon.

10 gr.	argile calcinée.	=	10 gr.,00
7	marbre =	chaux.	3, 95
5	os purif. et calc. =	chaux.	2, 58
1	charbon en poudre.		16 gr.,53
23			

chauffés dans un creuset brasqué à 150°, ont donné un culot qui pesait 16 gr.,83; augmenta-

tion $0^{gr.},30$. Ce culot était extrêmement caverneux, et il restait dans les cavités une quantité notable de charbon, ce qui diminue l'augmentation de poids portant sur les matières terreuses. Il était d'un blanc tirant sur le gris bleuâtre, à cassure grenue, matte et opaque. La grande proportion de chaux contenue dans la matière (0,40), et l'absence de l'acide phosphorique, sont la cause de son opacité.

Mélange phosphurant et fer.

On sait que lorsqu'on chauffe, dans un creuset brasqué, du fer ou de l'oxide de fer avec un mélange d'argile ou de silice et de borax, et de phosphate de chaux, on obtient des fontes phosphorées; mais pour que tout l'acide phosphorique soit réduit, et pour qu'il ne reste pas d'oxide de fer dans les scories, il est indispensable d'opérer dans de certaines circonstances déterminées. Un mélange de

$20^{gr.}$	os calcinés,
10	sable quarzeux,
10	borax vitreux,
40	fer en très-petits clous,
80	

chauffé dans un creuset brasqué à 150°, a donné $42^{gr.},5$ de fonte compacte, cassante, mais dure et tenace; à cassure inégale et presque unie, non cristallisée, semblable, pour l'aspect, à une fonte blanche commune; et une scorie compacte, à cassure vitreuse, mais d'un gris noir et opaque; et qui, par conséquent, devait contenir beaucoup d'oxide de fer.

Avec charbon.

L'expérience répétée, en ajoutant $2^{gr.}$ de charbon en poudre au mélange, a produit de la fonte semblable à la précédente; et une scorie vitreuse,

transparente et incolore, dans laquelle il n'y avait pas d'oxide de fer.

gr.	
4,5	argile calcinée,
3,0	sable quarzeux,
5,0	os purifiés et calcinés,
10,0	fer en petits clous.
22,5	chauffés au creuset brasqué, ont donné :

	gr.		gr.
Fonte. . .	10,67	Total. . .	21,5;
Scorie. . .	10,83		

la fonte était très-cassante, à grandes lames, et tout à fait semblable aux fontes manganèsées des bords du Rhin; la scorie compacte, vitreuse, d'un vert d'aigue-marine prononcé, et transparente. On a analysé cette scorie et on a trouvé qu'elle contenait 0gr.,65 d'oxide de fer, équivalant à 0gr.,50 de fer métallique, et qu'elle ne retenait pas du tout d'acide phosphorique. Il suit de là que la fonte devait renfermer environ 0,10 de phosphore.

Dans cette expérience, l'acide phosphorique a été réduit en totalité par le charbon et par le fer, à la faveur de la présence d'une grande proportion de silice; mais un excès de base met au contraire obstacle à cette réduction. Avec chaux.

gr.		gr.	gr.
4,50	argile calcinée	4,50	7,50
3,00	sable quarzeux.	3,00	
10,00	marbre = chaux.	5,60	8,18
5,00	os purifiés et calcinés = chaux.	2,58	
10,00	fer en petits clous.		
32,50		15,68	15,68

ont donné au creuset brasqué :

	gr.		gr.
Fonte. . . .	10,30	Total.	27,70
Scorie. . . .	17,40		

Le culot était cassant, à cassure inégale presque unie, non cristallin, et d'un blanc un peu gris. La scorie était compacte, homogène, à cassure conchoïde un peu cireuse, fortement translucide et d'un vert d'aigue-marine; et on a trouvé qu'elle contenait au moins $0^{gr.},71$ d'acide phosphorique, sur $2^{gr.},42$ qu'en renfermaient les 5 grammes de phosphate de chaux employés: il en résulte qu'il devait s'y trouver aussi environ 1 gramme d'oxide de fer.

Avec chaux et charbon.

Le mélange intime de charbon empêche, comme on le pense bien, l'oxidation du fer, et détermine au contraire la réduction à peu près complète de l'acide phosphorique, malgré la présence d'un grand excès de chaux. Ayant ajouté $2^{gr.},00$ de charbon à un mélange semblable au précédent, on a obtenu un culot pesant $27^{gr.},00$, qui se composait d'une scorie bulleuse, à cassure pierreuse, blanche et opaque, contenant de la poussière de charbon dans les cavités, et au milieu de laquelle la fonte se trouvait disséminée en grenailles plus ou moins grosses. La scorie ne contenait pas d'oxide de fer, mais elle retenait encore $0^{gr.},35$ d'acide phosphorique, c'est-à-dire le sixième de la quantité introduite dans le mélange. La grande proportion de chaux que contenait celui-ci a rendu le mélange difficile à fondre; et l'on doit faire remarquer d'ailleurs que l'essai n'a pas été très-fortement chauffé: la décomposition de l'acide phosphorique aurait, sans aucun doute, été totale si la scorie eût pu entrer en pleine fusion.

Conséquence.

D'après les faits qui viennent d'être exposés, on ne doit plus être étonné si l'on ne trouve jamais d'acide phosphorique dans les laitiers qui proviennent des minerais les plus phosphoreux. Ef-

fectivement, dans les mélanges que l'on fond au haut-fourneau, la chaux n'est jamais en quantité dominante, tandis qu'au contraire le fer surabonde; la matière y reste exposée pendant un très-long temps à l'action d'une forte chaleur, et chaque particule du mélange reçoit de toute part le contact du charbon, soit dans un moment, soit dans un autre; on ne voit donc pas comment il se pourrait qu'une portion de l'acide phosphorique échappât à la réduction.

On peut préparer des fontes qui contiennent des proportions déterminées de phosphore, en fondant du fer avec des mélanges phosphurants ou avec des quantités connues de phosphure saturé de phosphore; j'ai fondu : Phosphure de fer.

	gr.	gr.
Fer en petits clous.	50	50
Mélange phosphurant. . . .	15	30
	65	80

le mélange phosphurant étant composé d'une partie de phosphate de chaux, $\frac{1}{2}$ p. de borax vitreux, et $\frac{1}{2}$ p. de sable quarzeux, avec addition de poudre de charbon. Le premier essai a produit 53gr.,02 de fonte, et 8gr.,07 de scorie vitreuse et incolore; la fonte devait contenir environ 0,06 de phosphore : elle était compacte, cassante, mais très-dure, à cassure inégale, presque unie çà et là, lamellaire et d'un gris blanc. Le second essai a donné 53gr.,80 de fonte, et 19gr.,02 de scorie. La fonte devait contenir environ 0,07 de phosphore. Elle était un peu plus cristalline que la précédente.

Lorsqu'on emploie 2 p. de mélange phosphurant pour 1 p. de fer, la fonte est à peu près saturée de phosphore, et alors elle est d'un Saturé.

blanc éclatant, cristallisée, formée de prismes entrecroisés dont on pourrait souvent mesurer les angles, et extrêmement fragile.

A l'aide du phosphate acide de chaux.

Mais il est facile d'obtenir cette sorte de fonte d'une manière plus commode, en substituant le phosphate acide de chaux au phosphate des os. Le meilleur mélange à employer se compose de :

Phosphate acide de chaux. .	0,60
Borax vitreux.	0,14
Sable quarzeux.	0,14
Charbon en poudre.	0,12
	1,00

et 2 p. de ce mélange suffisent pour phosphurer complétement 1 p. de fer.

Phosphure de fer et sulfure alcalin.

On peut encore se procurer le phosphure de fer saturé avec un phosphure quelconque, en le fondant au creuset brasqué à la simple chaleur blanche, avec une proportion convenable de persulfure alcalin. Si l'on emploie plus de 4 p. de ce sulfure, le phosphure est décomposé complétement ; le phosphore se volatilise, et le fer, amené à l'état de sulfure, forme, avec le sulfure alcalin, un culot homogène bien fondu, à cassure lamellaire, et d'une couleur bronzée métalloïde. Mais avec moitié moins de sulfure, ou avec 1 p. de carbonate de soude et 1 p. de soufre, environ la moitié du fer seulement se sulfure, et la totalité du phosphore se concentre dans la portion qui n'est pas attaquée. A défaut d'autres, ce serait même là un moyen de reconnaître si une fonte contient du phosphore.

Fer et phosphure saturé.

Le phosphure de fer saturé contient 0,224 de phosphore. J'en ai fondu, au creuset brasqué :

	gr.	gr.
	2	4
Avec fer en petits clous.	20	15
	22	19

Le premier mélange a donné $22^{gr.},15$ de fonte cassante, mais excessivement dure et tenace, à cassure inégale, presque unie, et ne présentant aucun indice de cristallisation ni même de structure lamelleuse. Cette fonte devait contenir :

	gr.	
Carbone.	0,150	— 0,007 au moins.
Phosphore. . . .	0,448	— 0,020
Fer.	21,552	— 0,973
	22,150	1,000

La fonte provenant du second mélange pesait $19^{gr.},3$. Elle ressemblait à la précédente, mais elle devait contenir :

	gr.	
Carbone.	0,300	— 0,015
Phospore.	0,896	— 0,046
Fer.	18,104	— 0,939
	19,300	1,000

Il est essentiel de remarquer au surplus que les propriétés des fontes qui contiennent du phosphore ou d'autres substances étrangères, dépendent, comme celles des fontes pures, de la proportion de carbone, et de l'état dans lequel celui-ci s'y trouve : or la proportion et l'état du carbone varient selon les circonstances de la fusion et du refroidissement à l'égard des fontes mélangées tout comme à l'égard des fontes pures, à moins toutefois que les substances étrangères n'y soient en quantité considérable.

Fonte arseniée. On a fondu au creuset brasqué : Arseniure.

20 gr. fer en petits clous.
2 arseniure de fer saturé d'arsenic.
8 verre terreux.

25

Le culot que l'on a obtenu se composant d'une scorie pesant 3 grammes et de 22$^{gr.}$,72 de fonte : l'augmentation de poids due à l'absorption du carbone a été de 0$^{gr.}$,72, ce qui est très-considérable. La fonte était cassante, mais elle recevait cependant l'empreinte du marteau; sa cassure était grenue, à grains fins, presque matte vers la partie inférieure du culot, et au contraire brillante comme de la plombagine et d'un gris presque noir à la partie supérieure. Cette fonte devait contenir :

	gr.	
Carbone.	0,72	— 0,031
Arsenic.	0,82	— 0,036
Fer.	21,18	— 0,933
	22,72	1,000

Fer et manganèse.

Fonte manganèsée. On a fondu au creuset brasqué :

20 gr. fer en petits clous.
2 oxide rouge de manganèse très-pur.

22

Il en est résulté un culot métallique bien fondu pesant 22$^{gr.}$,05, sur lequel il y avait trois petites lentilles vitreuses de couleur verte, pesant ensemble environ 0$^{gr.}$,20; comme les 2 grammes d'oxide rouge devaient contenir 1$^{gr.}$,4 de métal et 0$^{gr.}$,6 d'oxygène environ, l'augmentation de poids due au carbone a été de 0$^{gr.}$;65; d'après cela la fonte devait être composée de :

	gr.	
Carbone.	0,65 —	0,030
Manganèse.	1,40 —	0,063
Fer.	20,00 —	0,907
	22,05	1,000

Cette fonte était très-cassante, d'un blanc pur éclatant, lamelleuse à lames miroitantes, géodique à son centre, et remplie de lames allongées, cristallisées et entrecroisées. Elle avait absolument le même aspect que les fontes blanches manganèsées du pays de Siegen.

Arseniate d'alumine. Lorsqu'on précipite une dissolution d'alun ammoniacal par une dissolution d'arseniate d'ammoniaque exactement neutralisée, le dépôt qui se forme est très-volumineux et d'un beau blanc; après qu'il a été desséché par calcination, il se contracte sans s'agglomérer ni se ramollir, et il perd 0,37 d'eau. On l'a trouvé composé de : **Arseniate d'alumine.**

Alumine.	0,34
Acide arsenique. .	0,66
	1,00

Il paraît que c'est un mélange de deux arseniates : ceux qui s'en rapprochent le plus sont l'arseniate $A^3\,As^5$ qui contient 0,30 d'alumine pour 0,70 d'acide arsenique, et l'arseniate $A^4\,As^5$ qui renferme 0,374 de base pour 0,626 d'acide.

Lorsqu'après avoir dissout cet arseniate dans un acide on le précipite par l'ammoniaque, si l'on ajoute un grand excès d'alcali, le précipité se dissout presqu'en totalité, et si l'on fait bouillir ensuite la dissolution, il s'en précipite un arseniate très-basique, dans lequel on trouve : **Et ammoniaque.**

Alumine.	0,322	— 0,57
Acide arsenique. . . .	0,243	— 0,43
Eau.	0,435	
	1,000	1,00

C'est donc l'arseniate $A^{s} As^{5}$ + 20 Aq qui, à l'état anhydre renferme 0,5435 d'alumine pour 0,4565 d'acide.

Et charbon. On analyse aisément les arseniates d'alumine en les décomposant par le charbon. Pour cela on les mêle avec environ trois fois leur poids de sucre en poudre, on chauffe le mélange à la chaleur blanche dans un petit creuset de porcelaine, et on grille ensuite le résidu dans une petite capsule de platine. Ce résidu est de l'alumine pure, qui ne retient pas la plus petite trace d'arsenic.

Si l'on séparait l'acide arsenique d'une combinaison quelconque à l'état de combinaison avec de l'alumine en excès, on pourrait aisément doser ensuite cet acide en décomposant cet arseniate terreux comme il vient d'être dit.

EXAMEN CHIMIQUE

De quelques variétés de diallages ;

Par M. V. REGNAULT, Ingénieur des mines.

Les minéralogistes ne sont pas d'accord sur la composition des minéraux désignés par le nom de *diallage*. Quelques-uns pensent que l'on a réuni sous ce nom plusieurs espèces très-différentes, d'autres rapportent les diallages au pyroxène. Les analyses que j'ai faites sur plusieurs variétés de diallages de localités différentes viennent complétement confirmer cette dernière opinion.

J'indiquerai en peu de mots la marche suivie dans ces analyses.

Le minéral réduit en poudre très-fine était attaqué au carbonate de potasse, la masse fondue traitée par l'acide hydrochlorique et la silice séparée avec les précautions ordinaires. Dans la dissolution on ajoutait une certaine quantité de sel ammoniac pour empêcher la précipitation de la magnésie, puis on précipitait le peroxide de fer et l'alumine par l'ammoniaque. Quand le minéral renfermait une quantité notable de manganèse, on employait l'hydrosulfate d'ammoniaque à la place d'ammoniaque caustique.

On ajoutait ensuite à la liqueur filtrée de l'oxalate d'ammoniaque qui précipitait la chaux. L'oxalate de chaux était transformé en sulfate par la calcination avec addition d'acide sulfurique.

La liqueur ne renfermait plus que la magnésie; pour précipiter celle-ci, on évaporait les liqueurs

avec un grand excès de carbonate de potasse, on desséchait fortement le résidu et l'on reprenait par l'eau bouillante. Le carbonate de magnésie était recueilli sur un filtre après avoir été mis plusieurs fois en suspension dans de l'eau bouillante. Les liqueurs alcalines réunies aux eaux de lavage étaient rapprochées par l'évaporation, puis on y versait du phosphate d'ammoniaque et de l'ammoniaque qui donnait encore une petite quantité de magnésie que l'on dosait à l'état de phosphate.

Les oxides métalliques ou les sulfures étaient redissous dans l'acide hydrochlorique, les liqueurs évaporées à sec avec de l'acide nitrique, puis précipitées par la potasse caustique en excès. Le précipité renfermant le fer et le manganèse était pesé après un lavage convenable et après calcination. La liqueur alcaline renfermait l'alumine qui était séparée comme à l'ordinaire.

Le précipité de fer et de manganèse était redissous dans l'acide hydrochlorique et les deux oxides séparés par le carbonate de soude versé goutte à goutte.

Quand la substance renferme beaucoup de magnésie, une petite quantité de cette base est toujours entraînée avec les sulfures, et avec l'oxalate de chaux; et cela, quel que soit l'excès des sels ammoniacaux en présence. J'ai eu soin dans chaque analyse de rechercher cette petite quantité de magnésie.

Diallage de Traunslein, dans le pays de Salzburg.

Ce minéral forme une masse lamellaire d'un bronze verdâtre, et il se divise facilement en feuillets qui sont transparents et d'un gris verdâtre,

sa densité a été trouvée égale à 3,115 à 15 degrés.

L'analyse a donné :

		Oxygène.	Rapports.
Silice.	51,25	»	26,62 — 2
Chaux	11,18	3,14	
Magnésie.	22,88	8,81	13,49 — 1
Protoxide de fer. .	6,75	1,54	
Alumine.	3,98		
Eau	3,32		
	99,36		

Un autre échantillon provenant de la même localité a donné :

		Oxygène.	Rapports.
Silice.	51,51	»	26,76 — 2
Chaux	14,42	4,05	
Magnésie.	21,78	8,39	13,77 — 1
Protoxide de fer. .	5,82	1,33	
Alumine.	2,46		
Eau.	3,32		
	99,31		

Diallage du Piémont.

Ce diallage ressemble beaucoup pour l'aspect au précédent. Sa densité est 3,261.

		Oxygène.	Rapports
Silice.	50,05	»	26,09 — 2
Chaux.	15,63	4,39	
Magnésie.	17,24	6,67	13,79 — 1
Protoxide de fer . .	11,98	2,73	
Alumine	2,58		
Eau.	2,13		
	99,61		

Diallage de la montagne de Gulsen, en Styrie.

Ce minéral forme une masse lamelleuse brillante, d'un bronze cuivré. Sa densité est 3,125.

		Oxygène.	Rapports.
Silice.	56,41	»	29,30 — 2
Magnésie.	31,50	12,19	14,43 — 1
Protoxide de fer. .	6,56	1,50	
— de manganèse. .	3,30	0,74	
Eau	2,38		
	100,15		

Diallage des monts Ourals.

Ce diallage se trouve dans une roche serpentineuse des monts Ourals ; il est d'un gris verdâtre, à petites lames croisées dans tous les sens.

		Oxygène.	Rapports.
Silice	52,60	»	27,01 — 2
Chaux.	20,44	5,74	13,32 — 1
Magnésie.	16,43	6,36	
Protoxide de fer. .	5,35	1,22	
— de manganèse . .	traces.		
Alumine.	3,27		
Eau.	1,59		
	99,68		

Diallage d'Ulten, dans le Tyrol.

Ce minéral est d'un vert jaunâtre, à éclat résineux. Sa densité est 3,241.

		Oxygène.	Rapports.
Silice.	55,84	»	28,99 — 2
Chaux	traces.		
Magnésie	30,37	11,76	14,22 — 1
Protoxide de fer. .	10,78	2,46	
— de manganèse. .	traces.		
Alumine.	1,09		
Eau	1,80		
	99,88		

On voit que toutes ces analyses conduisent à la formule ($\dot{Mg}^3$, $\dot{Ca}^3$, $\dot{Fe}^3$, $\dot{Mn}^3$) $\ddot{Si}^2$, qui est aussi celle le plus généralement admise pour les pyroxènes, en négligeant toutefois la petite quantité d'alumine et d'eau que j'ai trouvées constamment dans les diallages. Il est assez difficile de décider

à quel état l'alumine se trouve dans ces composés. Quelques minéralogistes pensent qu'elle remplace comme base à 3 at. une quantité correspondante de silice, c'est ce qui paraît avoir lieu, en effet, dans les amphiboles qui renferment quelquefois une quantité considérable de cette substance.

Quant à l'eau, elle se trouve en si petite quantité et la proportion en est tellement variable, qu'il est difficile d'admettre qu'elle fasse partie essentielle du minéral. Cependant une très-petite portion seulement de cette eau se dégage à la température de 120°.

Il existe des minéraux compris sous le nom de *diallage* qui présentent une composition différente de celle que nous venons de donner. Tel est le diallage vert des euphotides de la Corse (verde di Corsica). Une analyse que j'ai faite de cette substance, m'a conduit à une composition très-éloignée de celle des autres diallages. Mais cette analyse présente quelque incertitude, parce que la substance n'avait pu être parfaitement séparée de la roche encaissante.

ANALYSE

De deux micas à bases de potasse et de lithine ;

Par M. V. REGNAULT.

Ces micas fondent facilement à la chaleur rouge sans perdre sensiblement de leur poids, et se laissent ensuite très-bien porphyriser.

L'analyse a été faite en attaquant par l'acide hydrochlorique le mica préalablement fondu et réduit en poudre fine, et séparant la silice comme à l'ordinaire. L'alumine et le péroxide de fer étaient précipités ensemble par le carbonate d'ammoniaque. Les liqueurs évaporées, après addition d'acide

sulfurique, laissaient un résidu, qui calciné donnait les sulfates alcalins. Ces sulfates étaient redissous dans l'eau, et l'acide sulfurique précipité par le chlorure de barium. L'excès de baryte ajouté était ensuite précipité avec de l'acide sulfurique étendu versé goutte à goutte, et la dissolution renfermant les chlorures alcalins, évaporée presque à sec, après addition de chloride de platine. En reprenant par l'alcool, on séparait le chlorure double de potassium et de platine. La lithine se trouvait déterminée par différence et par la composition des sulfates.

Pour déterminer le fluor, on a attaqué le mica intact par le carbonate de soude. On a repris par l'eau bouillante. La liqueur alcaline a été rapprochée après filtration, puis soumise à un courant d'acide carbonique qui a produit un abondant précipité de silice gélatineuse. On a ajouté ensuite à la liqueur filtrée une dissolution d'oxide de zinc dans le carbonate d'ammoniaque et on a évaporé à sec. Les dernières traces de silice et d'alumine ont été ainsi séparées. La masse saline a été reprise par une petite quantité d'eau bouillante et la liqueur sursaturée par de l'acide hydrochlorique dans une capsule de platine. La dissolution a été abandonnée à elle-même pendant vingt-quatre heures, pour laisser dégager complétement l'acide carbonique. Puis on a saturé par de l'ammoniaque et précipité le fluor par le chlorure de calcium.

Mica lépidolite rose.

Ce mica se présente sous la forme de très-petites paillettes rosées. Il se trouve disséminé dans un kaolin que l'on emploie dans les fabriques de porcelaine de Vienne en Autriche. Il se sépare dans

les lévigations auxquelles on soumet cette argile.

L'analyse a donné les résultats suivants :

	I.	II.	III.	IV.
Silice	52,47	52,29	52,44	
Alumine. } Oxide de manganèse. }	28,20	»	28,59	1,50
Potasse }	13,72	9,04	9,22	
Lithine }		4,68	5,02	
Fluor	»	»	»	4,40

D'où l'on déduit la composition moyenne :

		Oxygène.		
Silice.	52,40	27,22		6
Alumine.	26,80	12,52 }	12,86	3
Deutoxide de manganèse.	1,50	0,34 }		
Potasse	9,14	1,55 }	4,22	1
Lithine.	4,85	2.67 }		
Fluor	4,40			
	99,09			

Mica jaune.

Ce mica est à larges feuillets d'une nuance fauve.

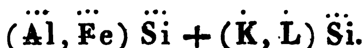
L'analyse a donné les résultats suivants :

	I.	II.	III.
Silice.	49,88	49,67	»
Alumine. }	32,57	19,77	20,01
Peroxide de fer. }		13,27	13,18
Potasse.	8,79	»	»
Lithine.	4,15	»	»
Fluor.	»	»	4,24

Ce qui donne pour composition moyenne :

		Oxygène.		Rapports.
Silice.	49,78	25,86	»	6
Alumine.	19,88	9,28 }	13,32	3
Peroxide de fer.	13,22	4,04 }		
Potasse.	8,79	1,49 }	4,38	1
Lithine.	4,15	2,89 }		
Fluor.	4,24	2,89		
	100,06			

La formule de ces deux micas est donc, en faisant abstraction du fluor :



$$(\dddot{Al}, \dddot{Fe})\,\dddot{Si} + (\dot{K}, \dot{L})\,\dddot{Si}.$$

Au reste, il sera impossible d'établir une formule définitive pour les micas, tant que l'on ne connaîtra pas le rôle que le fluor joue dans la combinaison.

ANALYSE

D'une préhnite du bourg d'Oisans;

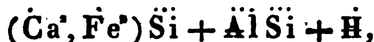
par M. V. REGNAULT.

Ce minéral forme des masses cristallines d'un vert clair, au milieu d'une roche amphibolique, qui présente en plusieurs points de l'amphibole fibreuse et des cristaux de chaux carbonatée. Sa densité est de 2,925.

L'analyse a donné :

		Oxygène.		Rapports.
Silice.	44,50	23,09		6
Alumine.	23,44	10,95		3
Chaux.	23,47	6,60	7,66	2
Protoxide de fer.	4,61	1,06		
Eau.	4,44	3,94		1
	100,46			

Cette analyse s'accorde bien avec celle faite par M. Walmstedt sur une préhnite de Dumbarton et avec la formule :



$$(\dot{Ca}^3, \dot{Fe}^3)\,\dddot{Si} + \dddot{Al}\,\dddot{Si} + \dot{H},$$

qui est le plus généralement adoptée pour exprimer la composition des préhnites.

DESCRIPTION

D'un nouveau procédé d'analyse chimique;

Par M. EBELMEN, Aspirant-ingénieur des mines.

On n'a pas encore cherché à apprécier directement, dans les analyses, la quantité d'oxygène qu'absorbent beaucoup de composés métalliques, en se dissolvant dans les acides oxidants les plus employés, tels que l'acide nitrique ou l'eau régale. Cela tient à la difficulté qu'on éprouverait à constater exactement la valeur oxidante de l'acide dont on se sert, et d'autre part à la composition variable des gaz qui se dégagent pendant la réaction. Si, au contraire, on connaissait d'avance la quantité d'oxygène que peut céder le dissolvant employé, et si l'on parvenait à doser l'excès d'oxygène dégagé, il est évident qu'on obtiendrait par différence la proportion exacte de ce corps qui a été absorbée par le composé métallique pour sa dissolution. Le procédé que je vais décrire me paraît réunir ces deux conditions.

On sait que l'acide muriatique dissout les oxides de manganèse en dégageant une proportion de chlore équivalente à l'oxygène que céderait l'oxide employé pour passer à l'état de protoxide. On sait aussi que ce mélange agit sur les mêmes composés métalliques que l'eau régale avec excès d'acide muriatique. Si donc l'on mêle le corps à essayer avec un poids déterminé d'un peroxide de manganèse, dont on connaîtra d'avance la composition, et si l'on traite le mélange par l'acide muriatique pur, en dosant la propor-

tion de chlore dégagée, et la retranchant de celle qu'aurait donnée l'oxide de manganèse essayé seul, on obtiendra par différence la quantité qui a été absorbée, et par suite son équivalent en oxygène.

Le dosage du chlore dégagé peut se faire par différentes méthodes déjà employées pour l'analyse des minerais de manganèse. Ainsi, l'on pourra recueillir le chlore gazeux, ou bien le faire réagir sur l'ammoniaque liquide en mesurant le gaz azote dont le volume est le tiers seulement du volume du chlore qui l'a produit. Mais l'emploi de ces méthodes pneumatiques n'est pas sans difficultés, et exige toujours une série de corrections relatives à la température, à la pression et à l'état hygrométrique des gaz. Il me paraît préférable de recueillir le chlore dans une dissolution bien claire d'acide sulfureux mêlé de muriate de baryte, procédé que j'ai décrit précédemment dans les *Annales des mines* (3ᵉ série, tome XII, page 607). Le sulfate de baryte qui est le résultat de la réaction du chlore sur la dissolution sert à doser l'oxygène correspondant.

Voici comment on peut exécuter cette opération. On porphyrise exactement la substance à essayer, surtout quand il est difficile de l'attaquer, et on la mêle avec un poids déterminé d'oxide de manganèse aussi en poudre fine. On sait à peu près, *à priori*, quelle sera la proportion d'oxygène absorbée par le poids du corps soumis à l'essai. En doublant la proportion d'oxide de manganèse jugée par approximation suffisante pour fournir l'oxygène nécessaire, on peut être assuré qu'on arrivera à une dissolution complète de la matière métallique. On conduit l'opération

à peu près comme s'il s'agissait d'essayer le minerai de manganèse lui-même. Seulement il est convenable de ménager le dégagement du gaz avec plus de lenteur, pour laisser à la dissolution brune de manganèse le temps d'agir sur la substance essayée. Lorsque la dissolution est achevée, et qu'on a fait passer tout le chlore dans le vase qui renferme l'acide sulfureux liquide, on ajoute à celui-ci un excès de muriate de baryte, on chasse par l'ébullition l'excès d'acide sulfureux, puis on filtre le sulfate de baryte précipité, on le calcine et on le pèse.

1 atome de sulfate de baryte,
1458,09 équivaut. . . . . à 100 d'oxygène ou 1 atome.
et à. . . . . 442,64 de chlore ou 2 atom.
1 gramme de sulfate de baryte
équivaut à. . . . . 0gr.,0686 d'oxygène.
et à. . . . . 0gr.,303 de chlore.

On sait d'avance la quantité de sulfate de baryte qu'aurait produite l'oxide de manganèse essayé seul. On aura donc par différence celle qui correspond soit au chlore, soit à l'oxygène qui est resté dans la dissolution métallique.

1 gramme de peroxide de manganèse pur perd 0,18 d'oxygène pour se transformer en protoxide. Il donnerait 2gr.,62 de sulfate de baryte.

Ce procédé, dont les résultats m'ont paru très-exacts, me semble susceptible d'applications assez nombreuses dans l'analyse chimique; j'indiquerai particulièrement les suivantes :

1° En traitant, par la méthode indiquée, un poids déterminé d'un métal peu ou point attaquable par l'acide muriatique, on obtiendra immédiatement la composition du chlorure formé ou de l'oxide qui reste en dissolution dans l'excès

d'acide muriatique. Dans certains cas, il est très-difficile de déterminer cette composition par les moyens employés jusqu'ici. En effet, il arrive souvent qu'on ne peut pas obtenir le chlorure dans un état de composition constant, soit à raison de sa volatilité, soit à cause du commencement de décomposition que la chaleur lui fait éprouver. Il en est de même de certains oxides qu'on ne peut pas obtenir parfaitement purs. Je citerai, par exemple, les perchlorures d'or et de platine dont il serait, je crois, très-facile de vérifier la composition à l'aide du procédé que je viens de décrire.

2° Il en sera de même dans certains cas, où il serait impossible de prendre le poids exact de la substance qu'on veut suroxider, tandis que le dosage du corps oxidé qui se produit peut se faire avec précision. Tous les produits de l'oxidation du phosphore, inférieurs à l'acide phosphorique, peuvent être analysés de cette manière, en dosant l'acide phosphorique qui se produit dans la réaction, et l'oxygène qui a servi à opérer la transformation (1). Le corps qui sert au dosage de l'oxygène pèse 14 $\frac{1}{2}$ fois autant que lui, ce qui atténue beaucoup les chances d'erreur.

3° On peut déterminer la proportion relative des deux oxides de fer en les mêlant avec un excès de peroxide de manganèse, et traitant par l'acide muriatique. Ce procédé est aussi simple que celui qui consiste à traiter directement la so-

(1) Pour analyser l'acide phosphatique, M. Dulong a mesuré le chlore absorbé par une quantité indéterminée de cet acide pour se transformer en acide phosphorique qu'il a dosé. Ce procédé présente une certaine analogie avec celui que je décris.

lution muriatique des deux oxides par l'acide sulfureux, en dosant, à l'aide du muriate de baryte, l'acide sulfurique qui résulte de la transformation du peroxide de fer en protoxide. Il est même d'un emploi plus commode quand il s'agit de déterminer les deux oxides dans un silicate attaquable par l'acide muriatique, car, en traitant directement la solution des deux oxides par l'acide sulfureux, il devient très-difficile de séparer le sulfate de baryte produit de la silice gélatineuse qui s'y trouve mêlée.

D'ailleurs, il y a certains minéraux dans lesquels le fer paraît être en partie à l'état de peroxide, en partie à l'état de protoxide, qui ne sont pas attaquables par l'acide muriatique, tandis qu'ils se dissolvent facilement dans l'eau régale. On n'a alors aucun moyen direct de déterminer la proportion relative des deux oxides. J'appliquerai cette remarque au Wolfram. Vauquelin a analysé une variété de ce minéral, provenant du département de la Haute-Vienne, et il suppose que le fer s'y trouve moitié à l'état de protoxide, moitié à l'état de peroxide. (*Traité des essais par la voie sèche*, tom. II, pag. 264.) En employant pour eau régale l'acide muriatique agissant sur un mélange de peroxide de manganèse et du minéral, et procédant comme je l'ai indiqué, on arrivera facilement à la détermination relative des deux oxides.

2 atomes de protoxide de fer $2\,\mathrm{Fe} = 878{,}40$ absorbent 1 atome d'oxygène $= 100$ pour passer à l'état de peroxide $\dddot{\mathrm{F}}\mathrm{e}$.

Ainsi, une différence de 1458,09 dans le poids du sulfate de baryte obtenu correspond à 878,40 de protoxide de fer.

1 de sulfate de baryte correspondra à 0,602 de protoxide de fer.

4° On peut vérifier, d'une manière commode, les lois de composition d'un grand nombre de sels métalliques, en comparant la quantité totale d'oxygène absorbée avec celle qui reste combinée à l'élément électro-négatif dans la dissolution. Je rapporterai, pour exemple, l'essai que j'ai fait sur une galène cubique à larges facettes, qui ne renfermait pas sensiblement de substances étrangères.

Le peroxide de manganèse dont je me suis servi ne renfermait pas de baryte. Essayé seul, il donnait, sur 1 gramme, sulfate de baryte. 2gr.,35
correspondant à oxygène. 0gr.,16

1 gramme de galène, exactement porphyrisée, a été mêlé avec 3 grammes de peroxide de manganèse. Ce mélange a été traité par l'acide muriatique, avec les précautions convenables. La galène s'est complétement dissoute sans dépôt de soufre. Le sulfate de baryte provenant de la réaction du chlore en excès sur la dissolution d'acide sulfureux mêlé de muriate de baryte, pesait, après calcination. 3gr.,19

Or, les 3 gr. de peroxide de manganèse, traités seuls par l'acide muriatique, auraient donné, sulfate de baryte. . . 7gr.,05

La quantité totale d'oxygène absorbée correspond donc à : sulfate de baryte. 3gr.,86
et équivaut par conséquent à. 0gr.,265

D'un autre côté, en précipitant la liqueur plombeuse par le muriate de baryte, j'ai obtenu, sulfate de baryte 0,97, c'est-à-dire à très-peu près le quart de 3gr.,86. Ce rapprochement permettra donc déjà de conclure, indépendamment de toute notion sur la composition des acides du soufre,

qu'il y a un rapport simple entre les quantités d'oxygène que prennent le soufre et l'acide sulfureux pour passer à l'état d'acide sulfurique, et d'autre part, qu'il existe également un rapport simple entre la quantité d'oxygène absorbée par le soufre pour passer à l'état d'acide sulfurique et celle dont le plomb s'est emparé pour se transformer en protoxide.

Mais si l'on suppose connues la composition du sulfate de baryte et celle des acides du soufre, on pourra dire :

0gr.,97 de sulfate de baryte renferment 0gr.,331 d'acide sulfurique composés de 0gr.,199 d'oxygène et 0gr.,132 de soufre.

Or la quantité totale d'oxygène absorbée est de 0gr.,265.

Celle prise par le plomb pour passer à l'état de protoxide, sera donc de $0,265 - 0,199 = 0,066$, c'est-à-dire exactement $\frac{1}{3}$ de celle prise par le soufre pour se transformer en acide sulfurique. On sait d'ailleurs qu'en évaporant à siccité la dissolution de plomb dans l'acide muriatique, on régénère du sulfate de plomb neutre. Ce sel renferme donc trois fois plus d'oxygène dans l'acide que dans la base.

5° Enfin, l'essai d'un composé métallique à l'aide du procédé que j'ai indiqué peut toujours servir de vérification à une analyse, lorsqu'on connaît la nature des produits que doivent donner les différents corps soumis à l'attaque d'une eau régale, formée de peroxide de manganèse et d'acide muriatique. Ainsi l'on sait que le soufre se trouvera toujours dans la liqueur à l'état d'acide sulfurique, l'arsenic à l'état d'acide arsenique, le fer à celui de peroxide, etc. La somme des quan-

tités d'oxygène, que chacun de ces corps aura dû prendre dans la réaction, devra se trouver sensiblement égale au nombre donné par l'essai. Les produits d'arts provenant du traitement des métaux qu'on retire de leurs sulfures ou arseniures renferment souvent des combinaisons très-variées d'oxides avec des sulfures. La séparation des divers éléments de ces corps incomplétement oxidés présente des difficultés, et il est évident que la détermination exacte de la totalité de l'oxygène absorbé par le corps pour sa dissolution sera une donnée précieuse dans la discussion des résultats fournis par l'analyse.

NOTE

Sur l'emploi du coke pour la fusion des minerais de fer dans les hauts-fourneaux de petites dimensions ;

Par M. SAUVAGE, Aspirant-ingénieur des mines.

A une époque où tous les esprits sont tendus vers le développement industriel, il importe de signaler à l'attention des maîtres de forges les conquêtes que chaque jour la science et la méthode font sur l'aveugle routine qui, pendant si long-temps, est restée le seul guide suivi dans la plupart des usines à fer.

Si les essais que je vais rapporter ne sont pas nouveaux, au moins ils sont peu connus dans le département des Ardennes, qui a eu tant de peine à entrer dans la voie du progrès; et d'ailleurs, il est toujours utile de publier une bonne expérience.

Situés, pour ainsi dire, au milieu des forêts, à la portée des minerais qui recouvrent une grande partie de la surface du pays, les hauts-fourneaux et les forges des Ardennes ont conservé jusqu'à la dernière extrémité les anciens procédés de fabrication. Cependant le moment de crise, que depuis long-temps on ressentait ailleurs, est arrivé pour ces usines; et, malgré la richesse forestière et minérale du sol, il a fallu marcher en avant ou tomber en ruine.

Le combustible végétal est devenu rare, il est devenu cher; la concurrence a augmenté d'une manière effrayante ; et alors que le prix des matières

premières augmentait, celui des produits s'abaissait; par suite les bénéfices du fabricant devenaient de moins en moins grands, et négatifs peut-être pour quelques-uns. Dès-lors, on a dû économiser le combustible végétal qu'on gaspillait naguère, le réserver pour des usages exclusifs, et lui substituer, partout où on l'a pu sans inconvénient, le combustible minéral que les bassins houillers de la Belgique fournissent abondamment. De là l'envahissement rapide de la méthode mixte de fabrication du fer sur l'ancien affinage, malgré le prix élevé de la houille rendue sur place dans les Ardennes.

C'est dans l'arrondissement de Vouziers, le plus éloigné de la Basse-Meuse, que le procédé mixte a pris le plus grand développement. La houille de Liége, qui sur la fosse ne vaut pas 15 fr., coûte 50 fr. rendue à Vouziers, où elle arrive par le canal des Ardennes, qui la prend à la Meuse au Pont-à-Bar. Les diverses usines de la contrée la reçoivent de Vouziers; le transport est encore d'environ 5 fr.; et cependant dans cette localité l'affinage au charbon de bois est, pour ainsi dire, entièrement abandonné. On réserve ce dernier combustible exclusivement aux hauts-fourneaux. C'est encore dans cet arrondissement, où l'on sent si vivement le besoin d'économiser le bois, qu'a pris naissance le procédé de carbonisation courante au gueulard, et l'emploi du charbon roux au haut-fourneau. On comprendra aisément tous les efforts que font les maîtres de forges de cette localité, si l'on considère que le quintal métrique de charbon qui valait, rendu à l'usine, moins de 4 fr. de 1815 à 1821, moins de 6 fr. 50 c. de 1826 à 1829, moins de 5 fr. 60 c.

de 1831 à 1834, s'est élevé en 1837 jusqu'à 8 fr. 50 centimes.

C'est aussi dans le même arrondissement que l'emploi de l'air chaud a pris la plus grande extension; et, en général, on s'en est parfaitement trouvé, soit pour les fontes de moulage, soit pour les fontes de forge (1). Il en est résulté une économie considérable, dont je citerai tout à l'heure un exemple.

Les essais, relatifs à l'emploi du coke dans les petits hauts-fourneaux, viennent d'être faits à l'usine de Champigneulle, près Grandpré, et les résultats satisfaisants qui ont été obtenus, sous le rapport de la consommation, méritent toute l'attention des maîtres de forges des localités où le combustible végétal a une grande valeur. C'est en méditant, en étudiant ce qui a été fait jusqu'à présent, qu'ils parviendront à soutenir la concurrence, et à rester debout dans la lutte.

Cette fabrication au coke dans les petits fourneaux a déjà des antécédents, et depuis plusieurs années on a adopté le traitement des minerais au coke dans les fourneaux de la vallée de l'Aubois, près Fourchambault. A la vérité, on se sert habituellement d'un mélange de coke et de charbon de bois en proportions diverses; mais il paraît que souvent on a employé le coke seul et toujours avec succès.

M. Vivenot, qui vient de tenter, dans son fourneau de Champigneulle, les essais que je vais rapporter, les a faits avec tant de soin, et a obtenu des résultats si avantageux, que je crois faire une chose utile en les publiant. J'ai assisté à une partie

(1) Les minerais sont siliceux et réfractaires.

des expériences, et j'aurai soin d'indiquer les résultats que j'ai moi-même observés; résultats qui, du reste, s'accordent bien avec ceux que M. Vivenot m'a communiqués.

Le haut-fourneau de Champigneulle marche à l'air chaud depuis quatre ans. L'appareil qu'on emploie actuellement, lequel fonctionne très-bien, est dû à M. Gronier. Il consiste en un développement de tuyaux qui, après leur échauffement au gueulard, descendent jusqu'à la tuyère, accompagnés dans tout leur trajet de la flamme du gueulard, qui est sollicitée par une grande cheminée de tirage.

Haut-fourneau. Le haut-fourneau a 8$^{m.}$ de hauteur et 2$^{m.}$,15 de largeur à la cuve.

Minerais. Le minerai est en très-petits grains irréguliers, mélangés de fragments de quartz jaunes et blancs translucides. Il appartient, comme tous ceux de ces localités, à la partie inférieure du terrain crétacé. Ces minerais sont disposés en couches réglées, superposées à la partie supérieure du coral-rag, et en quelques lieux au calcaire de Kimmeridge. Au-dessus de la couche ferrugineuse, on rencontre des sables verts plus ou moins argileux, recouverts eux-mêmes par une masse d'argile noire assez puissante. Toute la formation peut avoir 25$^{m.}$ de puissance; sa pente est de $\frac{1}{105}$ vers le sud-ouest.

Le minerai et les sables verts sont l'équivalent du green-sand inférieur ou shankinsand; l'argile supérieure appartient au gault. Enfin cette formation est couronnée par une roche chloritée, tendre, siliceuse, verdâtre, qui paraît être l'équivalent du grès vert supérieur ou malm. Cette roche a une épaisseur d'au moins 100$^{m.}$; elle

couvre tout le pays de Vouziers, et vers le sud-ouest elle est recouverte par la craie marneuse inférieure.

On trouve beaucoup de fossiles dans ces minerais :

Des oursins (spatangus, echinus), des nautiles, des plicatules, des rostellaires (Parkinsoni?), des nucules, plusieurs espèces de térébratules, des polypiers, une dentale, des huîtres, des pattes de crustacés, du bois fossile, etc., etc.

L'analyse que j'ai faite de ces minerais m'a donné :

Composition du minerai.

Eau.		0,1440	
Alumine (à l'état d'hydrate).		0,0340	
Peroxide de fer.		0,5800	
Manganèse.		traces.	
Chlorite.	Silice	0,0916	0,1766
	Alumine.	0,0210	
	Magnésie.	0,0084	
	Protoxide de fer.	0,0556	
Quartz		0,0348	
		0,9694	

La perte comprend peut-être un peu d'alcali qui serait contenu dans la chlorite; je ne l'ai pas recherché. Ce minerai offre une composition remarquable, et présente à l'analyse un phénomène intéressant. L'acide muriatique tiède décolore les grains de minerai, qui prennent alors une teinte légèrement verdâtre. Un peu d'oxide de fer se trouve dissous par l'acide. Si l'on reprend les grains, qu'on les frotte avec le doigt, la matière verte se délaie, et les grains redeviennent rouges. En reprenant par l'acide, on les décolore encore, et ainsi de suite. Chaque grain est donc composé d'hydrate de fer et de matière verte que l'analyse

a démontrée être de la chlorite. Cette matière verte est très-difficilement attaquable par l'eau régale.

Outre le fer, l'acide muriatique dissout aussi un peu d'alumine sans que le résidu traité par la potasse liquide, abandonne une quantité sensible de silice. Cette alumine m'a donc paru être à l'état d'hydrate.

En tout le minerai contient :

Fer.	0,4500
Silice	0,1264
Alumine.	0,0550
Trace de manganèse.	

Le phosphore n'a pas été recherché, et cependant il peut se faire qu'il en existe; car on trouve dans les minerais des nodules verdâtres et blanchâtres qui pourraient bien être des phosphates.

Castine. On emploie, comme castine, de petits galets d'alluvion qu'on trouve dans la rivière d'Aire (1). Cette alluvion se compose de deux sortes de cailloux : les uns, heureusement c'est le plus grand nombre, sont des calcaires presque purs; les autres sont très-argileux. On fait le triage avec soin, et l'on n'emploie au haut-fourneau que le calcaire, que j'ai trouvé composé de

Calcaire pur.	0,91
Carbonate de magnésie.	0,04
Argile	0,05
	1,00

On ajoute aussi dans la charge, plutôt comme fondant que comme minerai, une certaine fraction de minerai pauvre de Nouart, dite *mine rouge*, non lavé. C'est un calcaire ferrugineux.

(1) Ces galets proviennent de l'étage jurassique supérieur.

Marche du haut-fourneau en fonte de forge.

Marche du haut-fourneau.

1

A l'air froid.

A l'air froid.

On consommait aux 1000 kilog. de fonte 1800 et même 2000 kilog. de charbon, non compris le déchet.

2

A l'air chaud, au charbon de bois.

A l'air chaud, au charbon.

La température de l'air était élevée à 250 ou 260°. La moyenne des six derniers mois a donné 1200 kilog. de charbon aux 1000 de fonte, y compris le déchet (essences mêlées).

3

A l'air chaud, au mélange de coke et de charbon.

A l'air chaud, au mélange.

Avril 1838, au mille de fonte :

Charbon.	904
Coke.	434
	1338

(relevé par moi sur les livres).

On voit qu'ici 434 de coke ont remplacé 296 de charbon.

4

A l'air chaud, au coke seul.

A l'air chaud, au coke seul.

Voici les expériences auxquelles j'ai assisté. On pesait le minerai et la castine à chaque charge, et on mettait toujours 105 kilog. de coke.

La charge était composée de :

	Minerai.	154,00
Castine	Calcaire.	15,52
Castine	Mine rouge. . . .	25,00
	Coke	105,00

On faisait en 12 heures 21 à 22 charges, et on coulait de 12 en 12 heures. Voici le résultat de quatre coulées :

31 *mai.* Ire coulée, 21 charges.
— Poids de la gueuse = 1552 kilog. (*a*).
— IIe coulée, 21 charges.
— Poids de la gueuse = 1537 kilog. (*b*).

1er *juin.* Ire coulée, 22 charges.
— Poids de la gueuse = 1650 kilog. (*c*).
— IIe coulée, 22 charges.
— Poids de la gueuse = 1838 kilog. (*d*).

Les fontes (*a*) et (*b*) étaient des onte s mêlées, propres à la forge.

La fonte (*c*) était mêlée.

La fonte (*d*) était blanche.

Il faut observer que le coke avec lequel nous faisions ces essais, provenait d'un reste d'approvisionnement, que quelques parties étaient fort humides, les morceaux de grosseur inégale; quelques-uns même étaient fort petits. Ainsi, bien qu'on employât à chaque charge exactement la même quantité de coke en poids, cependant il y avait des variations dans la quantité et la qualité du combustible introduit. Au reste, toutes ces différences étant au désavantage de la méthode, les résultats obtenus avec un bon combustible n'en seraient que plus avantageux.

Mes occupations ne me permettant pas de rester plus long-temps à Champigneulle, M. Vivenot m'envoya les résultats des trois coulées suivantes, qui s'accordent assez bien avec ceux que j'ai constatés moi-même.

Nombre de charges.	Poids des gueuses.
20	1700
23	1625
21	1700

la charge était toujours la même et pesée chaque fois; la fonte était une fonte mêlée.

Pendant tout le temps de la marche au coke, la température de l'air chaud mesurée à la tuyère, se maintint entre 280 et 300°.

La machine n'étant pas munie de manomètre, je n'ai pu constater la pression, non plus que celle de l'ancienne marche au charbon de bois. Tout ce que j'ai à dire à ce sujet, c'est que rien n'a été changé à la tuyère, à ses dimensions; mais seulement que la machine soufflante lançait plus de vent au coke qu'au charbon de bois. Du reste, ces recherches seront continuées, et je compléterai par une note additive ce qui sera relatif à la soufflerie.

Il résulte des 7 coulées, dont les produits viennent d'être rapportés, que les 1000 kilogrammes de fonte de forge ont été produits par 1358 kilogrammes de coke. Consommation moyenne en coke

Dans le passage de la marche au charbon à la marche au coke, le fourneau a été naturellement dérangé, et pendant les premières coulées la marche a été fort irrégulière. Aussi n'ai-je point rapporté les résultats des premières fontes. J'ai pris le moment où l'allure est devenue plus uniforme.

La proportion de castine a dû être augmentée d'une manière notable pour fondre les cendres du coke, et en même temps pour réagir sur le soufre. On a ajouté une dose de calcaire aussi forte que les laitiers pouvaient la soutenir sans inconvénient. Ces laitiers étaient plus opaques qu'aupa- Modification à la charge.

ravant; projetés rouges dans l'eau, ils éclataient en répandant une très-forte odeur d'hydrogène sulfuré.

La température intérieure du haut-fourneau a été augmentée, et la tuyère est devenue extrêmement brillante; il est à craindre peut-être pour le fourneau, dont les matériaux n'ont pas été destinés à supporter une aussi forte température, qu'il ne survienne une plus prompte dégradation. Mais, dans tous les cas, on pourra parer à cet inconvénient, vu qu'il est toujours possible de se procurer des matériaux suffisamment réfractaires.

Comparaison avec les consommations d'autres fourneaux.

Il était intéressant de comparer la consommation de ce fourneau de 8 mètres avec celle des grands hauts-fourneaux d'Angleterre et de France. Voici, relativement à ceux-ci, les résultats que j'ai extraits, dans les Annales des mines, de Mémoires de MM. Guenyveau et Dufrénoy.

Haut-fourneau de Vienne (Isère), en fonte de moulage, à l'air froid, 2500 de coke; à l'air chauffé à une température supérieure à 334°, 1350 à 1400.

Haut-fourneau du Janon, à l'air chaud, 1200 à 1400, en fonte de forge.

A la Voulte, où l'on emploie du coke médiocre de Rive de Gier, 2100 à 2130 à l'air froid, en fonte de forge. A l'air chauffé à 160°, pour la même fonte, 1200, 1250 et 1300 kilogrammes.

Dans une usine de la Moselle, 1800 kilog., en fonte métis.

En Angleterre, suivant M. Dufrénoy, à l'usine de la Clyde, en fonte de moulage n° 1, l'air étant porté à 232°,20, coke 1900 kilog.

A celle de Calder, l'air étant chauffé à 147°,3, coke 2140 et à l'air froid 3000 kilog.

M. Daubrée, élève ingénieur des mines, qui revient d'Angleterre, m'a donné le résultat suivant, relatif à une usine des environs de Dudley, où l'on se sert de l'appareil de Calder.

L'air est chauffé à 320°. On consomme 2700 kilogrammes de coke aux 1000 de fonte grise, et, à l'air froid, on en brûlait 3000 kilog. Le fourneau a 43 pieds $\frac{1}{2}$ (anglais).

La plupart de ces consommations sont supérieures à celle obtenue par M. Vivenot, et les moindres consommations ne sont guère inférieures à la sienne.

Il est évident que pour faire ces comparaisons, il faudrait tenir compte de plusieurs circonstances, et entr'autres de la fusibilité, de la richesse du minerai, de la nature du coke, etc. Je n'ai pas à ma disposition tous ces documents; et du reste, dans le cas dont il s'agit, une comparaison rigoureuse est inutile.

Sous le rapport financier, l'avantage est immense pour les usines qui peuvent avoir facilement le coke, puisque l'usine de Champigneulle, si éloignée des houillères, y trouve encore une économie de plus de 12 fr. par 1000 kilog. Le coke dont on se sert vient de Liége; il remonte, jusqu'au canal des Ardennes, la Meuse, dont la navigation est longue et difficile; il est amené par le canal jusqu'à Vouziers. Là il coûte 60 fr. les 1000 kil., déchargement compris, auxquels il faut ajouter 5 fr. pour le transport en voiture jusqu'à Champigneulle. Économie d'argent.

En 1837, les 1000 litres de charbon coûtaient à l'usine de 16 fr. 25 c. à 17 fr. 50 c.; ce qui fait, à 200 kil. le mètre cube, de 81 fr. 25 c. à 87 fr. 50 c. les 1000 kil. : soit, 85 fr.

Or, pour 1000 kil. de fonte on brûlait 1200 kil. de charbon; ci. . . . . 102 fr. 00 c.

D'après nos essais, on consomme 1358 kil. de coke; ci. 89 27

Différence. . . . . 12 fr. 73 c.

C'est là un sujet de méditation pour tous les maîtres de forges en général, et en particulier pour ceux des Ardennes qui sont les plus rapprochés des houillères de la Belgique, ceux de la basse Meuse par exemple.

Quelques localités riches en minerai de bonne qualité, mais éloignées des bois, pourraient, si l'on adoptait ce mode de traitement, devenir de nouveaux foyers d'industrie. La présence d'un cours d'eau n'est pas, comme on le sait maintenant, de première utilité. La machine soufflante peut être mue à l'aide d'une machine à vapeur, dont la chaudière, placée soit au gueulard, soit plus bas, serait échauffée au moyen d'une partie des gaz du haut-fourneau.

Examen des produits.

Il restait, relativement à la fusion au coke dans notre bas-fourneau, deux questions importantes à examiner, savoir :

1° Quelle est la nature de la fonte grise qu'on obtient ainsi, et serait-il possible de l'employer en première fusion?

2° Quelle est la qualité comparative des fers obtenus avec des fontes au charbon de bois et des fontes au coke?

En ce qui concerne la première question, je n'ai rien pu expérimenter. Cependant, à voir la fonte mêlée comparativement à celle de même nature obtenue au charbon de bois, l'analogie paraît trop complète pour que l'on puisse douter qu'il n'en soit de même avec les fontes grises, et

par conséquent je suis porté à croire qu'on moulerait tout aussi bien en première fusion. Toutefois attendons l'expérience.

Relativement aux fers fabriqués avec ces fontes, j'ai prié M. Vivenot de faire puddler lui-même, dans ses fours, des fontes présentant le même aspect, la même nuance, le même grain, mais préparées, les premières au charbon de bois pur, les secondes au mélange de charbon de bois et de coke, les troisièmes au coke pur. On a préparé ainsi des barres étirées au marteau, d'un échantillon de $0^m,06$ de largeur sur $0^m,014$ d'épaisseur, et des pièces brutes destinées à la fabrication de mâchoires d'étaux.

M. C. Bernard, fabricant d'enclumes à Torcy, près Sedan, a bien voulu, sur ma demande, faire faire en ma présence des essais comparatifs sur ces différents fers. Voici le procès-verbal des essais et leur résultat : Essais sur les fers obtenus.

Le fer fabriqué avec de la fonte produite au charbon pur est désigné par le nº 1.

Le fer fabriqué avec de la fonte au mélange est désigné par le nº 2.

Le fer fabriqué avec de la fonte au coke est désigné par le nº 3.

Les essais ont été faits dans le même feu par le même forgeron.

Essais à froid.

Fer nº 1. Très-nerveux, sans la moindre apparence de grains; teinte assez noirâtre; pas cassant.

Fer nº 2. Grenu avec un tiers nerf environ; cassant à froid.

Fer nº 3. Très-nerveux (un degré au dessus du

n° 1); il plie longtemps avant de casser. Quelques parties du nerf sont lamelleuses.

Essais à chaud.

Soudage et corroyage.

On a chauffé au rouge les barres méplates et on a replié le fer deux fois sur lui-même, afin de le corroyer et de le souder. Cela fait, on a chauffé et donné une chaude suante, puis battu fortement sur l'enclume.

Les trois numéros se sont très-bien comportés au soudage. Toutefois les n°s 1 et 3 ne crachent pas sur l'enclume, tandis que le n° 2 éprouve un plus grand déchet.

En opérant le repli au rouge, on a observé que le fer n° 3 était plus cassant que les deux autres.

Cassage à chaud.

Les trois échantillons ont été portés au rouge cerise (peut-être un peu au dessus?). En appliquant la barre sur l'enclume, on a essayé de replier plusieurs fois de suite à angle droit le bout échauffé, en le redressant à chaque fois.

Le n° 1 ne s'est cassé qu'après cinq replis successifs; jusque-là il avait conservé tout son nerf sans aucune crique. Refroidi, trempé très-chaud et cassé, il avait conservé tout son nerf.

Le n° 2 a cassé au quatrième repli; et déjà plusieurs parties s'étaient soulevées au troisième.

Le n° 3 a cassé au troisième repli.

Perçage à chaud.

On a percé au poinçon les barres échauffées au rouge.

Le n° 1 ne se fendille pas, le trou étant percé à 0^{m},055 du bout. Il s'est fendu, le trou étant percé à 0^{m},015.

Le n° 2 s'est fendu sur le bord, le contour

extérieur du trou étant à $0^m,012$ du bord.

Le n° 3 a présenté un trou aussi net que le n° 1. Il ne s'est pas fendu, le trou étant percé à $0^m,027$ du bord.

Un trou de $0^m,025$ de diamètre étant percé dans une partie de $0^m,06$ de longueur coupée au bout des barres plates, on a essayé de façonner un anneau en tournant la pièce sur l'angle de la bigorne. Cette épreuve est très-délicate, et les fers de la nature de ceux-ci y résistent difficilement. L'anneau fait avec le n° 1 s'est fendu avant d'être arrivé au diamètre intérieur de $0^m,030$. L'anneau fait avec le n° 3 s'est cassé un peu plus tôt; ce fer est décidément plus cassant à chaud que le n° 1.

Essais de cassage, après le refroidissement, du fer corroyé et soudé.

L'extrémité des barres qui avaient été corroyées et soudées dans l'un des essais précédents, a été cassée à froid.

Le n° 1 présenta encore beaucoup de nerf; il plia longtemps avant de casser.

Le n° 2 ne présenta plus de nerf; il était très-grenu, d'un grain qu'on appelle sec et qu'on regarde comme très-mauvais. Ce fer a cassé au premier coup.

Le n° 3 était le plus nerveux. Il présentait de longues fibres nerveuses très-homogènes, très-belles. Les ouvriers s'accordaient à le regarder comme du fer de première qualité à froid, comparable pour le nerf au plus beau fer.

Essais sur les mâchoires d'étaux.

Ces pièces ont été soumises à la manipulation habituelle.

On a remarqué que, pour le travail, le fer n° 3 se comporte tout aussi bien que le fer n° 1.

Le trou de la mâchoire se perce également bien dans les deux.

Le n° 2 est inférieur. Dans ces pièces encore sa cassure est grenue.

En résumé :

Le fer fabriqué par la méthode du puddlage et du cinglage au marteau, et provenant de fonte au coke pur, est plus nerveux, moins cassant à froid, aussi facile, peut-être plus facile à travailler à une température peu élevée que le fer préparé de la même manière, mais provenant de fonte au charbon de bois pur, les fontes étant dans les deux cas de même aspect.

A chaud, le fer au coke est plus cassant que le fer au charbon de bois, et s'il était possible d'exprimer ici cette propriété en nombres, on pourrait écrire le rapport de 5 : 3.

Enfin, le fer fabriqué avec des fontes au mélange de coke et de charbon est le plus mauvais des trois; il casse à chaud et à froid (1).

C'est une chose singulière que le fer provenant du mélange soit inférieur à celui fait entièrement au coke; et, ce qui est encore très-remarquable, c'est que la fabrication de cette fonte au mélange est la moins économique des trois; car nous avons vu précédemment que, dans le mélange de charbon et de coke, 296 de charbon devaient être remplacés par 434 de coke, tandis qu'au coke pur 1.358 de coke équivalent à 1.200 de charbon. Ces faits mériteraient d'être étudiés. Tiendraient-ils à la différence de densité des deux combustibles, coke et charbon de bois, introduits dans le haut-fourneau?

(1) M. Richard Dorival, dont l'expérience est bien connue, a fait faire dans ses ateliers, à Balan, plusieurs essais sur les trois numéros de fer Il en a conclu que le n° 3 était incontestablement de meilleure qualité que les deux autres.

NOUVELLES EXPÉRIENCES

De M. Castel, *ingénieur des eaux de Toulouse, sur l'écoulement de l'eau par des ajutages coniques convergents* ;

Communiquées par M. D'AUBUISSON, Ingénieur directeur des mines.

J'ai fait connaître, dans le tome III des *Annales des mines*, les expériences que M. Castel avait faites, en 1832, sur les ajutages coniques, ainsi que les conséquences que j'en avais tirées pour la solution du problème suivant : « Étant donnée la hauteur d'un réservoir plein d'eau au-dessus d'un point, ou la charge effective d'eau sur ce point, y établir un ajutage fournissant un jet qui porte une quantité d'eau donnée, à une distance et à une élévation aussi données. »

Dans l'écoulement par des ajutages coniques, il y a, ou il peut y avoir, deux contractions de la veine-fluide : l'une intérieure ou à l'entrée de l'ajutage, laquelle diminue la vitesse produite par la charge; l'autre extérieure ou à la sortie, par suite de laquelle la section de la veine, un peu en aval de l'orifice extérieur, est plus petite que celle de cet orifice. En conséquence, si s est la section de l'orifice, v la vitesse due à la charge h, la dépense réelle sera $n's \times nv = n'ns\sqrt{2gh}$; n' et n étant deux coefficients à déterminer par l'expérience : n' est le rapport de la section fluide à celle de l'orifice, ou le ***coefficient de la con-***

traction extérieure; n est le rapport de la vitesse réelle à la vitesse théorique, ou le *coefficient de la vitesse*; et $n'n$, que nous représenterons par m, sera le rapport de la dépense réelle à la dépense théorique; ou le *coefficient de la dépense*.

La détermination de m et n était le grand objet des expériences à faire; la connaissance de ces quantités, pour les divers ajutages, étant nécessaire à la solution du problème ci-dessus. Pour opérer convenablement cette détermination, j'avais tracé le plan suivant : prendre plusieurs suites d'ajutages; dans chacune le diamètre de sortie et la longueur demeureraient les mêmes; mais le diamètre d'entrée, et par suite l'*angle de convergence*, augmenterait graduellement (l'angle de convergence est l'angle que formeraient, par leur prolongement, deux côtés opposés du tronc de cône constituant l'ajutage); produire ensuite l'écoulement par chaque ajutage, sous des charges très-différentes. A chaque expérience, on déterminerait la dépense réelle par un jaugeage direct, on la diviserait par la dépense théorique, et l'on aurait m. De même on déterminerait la vitesse avec laquelle le jet sort réellement de l'orifice. En mesurant sa *portée* y sur un plan horizontal placé à une distance x au-dessous de l'ajutage mis dans une position horizontale, et, d'après les propriétés de la parabole, on aurait, pour la vitesse réelle, $2{,}215\frac{y}{\sqrt{x}}$; en la divisant par la vitesse théorique $\sqrt{2gh}$, le quotient serait n. La personne la plus propre à bien exécuter un tel plan, M. Castel, eut la complaisance de s'en charger.

En 1831 et 1832, il fit, sur une suite de vingt-

cinq ajutages de $0^m,0155$ de diamètre, les séries d'expériences dont il a été rendu compte dans ces Annales. Elles jetèrent beaucoup de jour sur la question à résoudre, mais on ne put en tirer des conséquences définitives : le seul appareil que M. Castel avait eu à sa disposition ne lui avait permis d'opérer que sur de petites charges, de $0^m,30$ au plus : et il aurait aussi fallu expérimenter sur de bien plus grandes. Le château d'eau de la ville offrait toutes les facilités pour l'établissement d'un appareil qui les aurait procurées. Cet appareil fut demandé et redemandé ; enfin, en 1835, il fut exécuté : dès cette année, M. Castel y commença sa très-belle suite d'expériences sur les déversoirs. En 1837, il y a repris son travail sur les ajutages coniques, et fait les nouvelles observations, objet de cet écrit.

Expériences.

L'appareil hydraulique du château d'eau de Toulouse (château dont nous avons donné une notion succincte au tome IX, p. 223, de ces Annales) est représenté à la *Pl. II*, *fig.* 1. En A est la cuvette dans laquelle sont portées les eaux destinées aux fontaines de la ville, et dont le volume est de 45 à 60 litres par seconde. A sa partie inférieure, s'adapte le tuyau B, de $0^m,20$ de diamètre intérieur, et qui descend jusqu'à un plancher établi à $10^m,10$ en contre-bas. A l'extrémité *a* du tuyau, il s'en adapte un autre, horizontal, qui traverse le mur de la tour du château, et va aboutir à la *caisse d'expériences* C. En *b* est un grand robinet-vanne, et en *c* un petit robinet tournant, à l'aide desquels on introduit le volume Appareil.

d'eau qu'on juge à propos dans la caisse. Elle est en fonte, et établie sur un socle D en pierre fixé sur la terrasse qui règne au pied de la tour. Cette caisse a dans œuvre $0^m,41$ de côté en carré, et $0^m,82$ de hauteur : ses faces latérales portent en *i*, *k* et *k'* (*k'* est à l'opposé de *k*) des tubulures, habituellement fermées par des plaques en fonte, fixées à vis, et que l'on enlève à volonté, pour adapter à leur place les platines portant les orifices que l'on veut soumettre à l'expérience. Ainsi, les ajutages coniques ont été adaptés à la tubulure antérieure *i*, ayant $0^m,14$ de large sur $0^m,10$ de haut. Au bas de la caisse est un robinet de décharge.

Lorsque sa partie supérieure est ouverte, la surface de l'eau dont elle est remplie s'y tient à environ $0^m,20$ au-dessus du centre des tubulures. Cette partie se ferme à l'aide d'une plaque surmontée d'une autre tubulure ayant $0^m,20$ de diamètre et $0^m,30$ de hauteur. Au-dessus, on pose un, deux, ou trois, etc., courts tuyaux *d*, d'environ $0^m,50$ de hauteur. Par ces moyens, on obtient successivement des charges de $0^m,20$, $0^m,50$, 1^m, $1^m,50$, 2^m, etc., au-dessus des orifices en expérience. Un petit robinet placé au haut de chaque tuyau, et qui sert de déversoir à l'eau qui y arriverait en excès, permet d'y maintenir la surface fluide à un niveau entièrement constant.

Ajutages

Les ajutages dont M. Castel s'est servi étaient en cuivre jaune, aussi bien tournés et alésés que possible. Il en avait deux suites : dans l'une, le diamètre de sortie était de $0^m,0155$, et la longueur de $0^m,40$ environ; dans l'autre, le diamètre avait $0^m,20$, et la longueur $0^m,50$. Il a encore eu quelques ajutages de longueur différente : en tout 38.

Au sortir des mains de l'artiste, ils n'ont pas eu rigoureusement les dimensions prescrites : celles qu'ils avaient ont été mesurées et remesurées plusieurs fois; c'est le résultat de ces mesures qu'on a noté au tableau des expériences.

Des diamètres d'entrée et de sortie de chaque ajutage, et de sa longueur, on concluait l'angle de convergence.

Les ajutages portaient, autour de leur grande base, un large rebord de $0^m,08$ de diamètre, par lequel ils s'appliquaient immédiatement contre la platine en cuivre qui fermait la tubulure *i*. Cette platine, d'environ un centimètre d'épaisseur, était percée à son milieu d'une ouverture de $0^m,06$ de diamètre. Tout à l'entour de l'ouverture, sur une largeur d'un peu plus d'un centimètre, la moitié extérieure de l'épaisseur de la platine était enlevée. La couronne annulaire, qui en résultait autour de l'ouverture, était parfaitement dressée et rodée avec la base de l'ajutage, qui s'y appliquait sans intermédiaire; et le joint était rendu étanche par du suif. L'ajutage était maintenu et pressé contre la plaque à l'aide d'un grappin ou crochet à deux branches, tenant à charnière à la platine, et muni d'une vis de pression.

A côté de l'ajutage en expérience était le *cuvier de jauge*, fait en tôle, ayant $0^m,70$ de diamètre et autant de hauteur; au fond se trouvait une soupape de décharge. Il fut étalonné par *empotement*, à l'aide d'un double décalitre dont la capacité avait été bien constatée par diverses pesées de l'eau qu'il pouvait contenir, étant recouvert d'une glace bien plane. Après chaque versée de ce vase dans le cuvier, on avait relevé avec soin la distance entre la surface fluide et un point de repère pris Cuvier de jauge.

sur le bord supérieur : de sorte que, lorsque de l'eau, coulant par un ajutage, s'y était élevée à une certaine hauteur, il suffisait, pour en avoir très-exactement le volume, de mesurer la distance entre sa surface et le point de repère; cette mesure s'exécutait à l'aide d'une tige terminée en pointe, et indiquant les dixièmes de millimètre.

L'eau sortant de l'ajutage était conduite au cuvier par un tuyau ou entonnoir dont, à un commandement donné, l'extrémité supérieure était instantanément mise sous l'orifice de l'ajutage.

La durée de l'écoulement était donnée par un compteur indiquant les quarts de seconde.

Vitesse de sortie de l'eau.

Pour avoir la vitesse avec laquelle l'eau sortait réellement de l'ajutage, on avait établi, à un certain abaissement *ef* (voyez la figure) au-dessous de son orifice et sur la terrasse du château d'eau, un plancher fait avec de forts madriers, bien horizontal, ayant au milieu une échancrure longitudinale de $0^m,10$ de large, et dans laquelle passait le jet. Sur un des bords était une échelle divisée en millimètres. Lorsque M. Castel voulait avoir la distance *fg*, il se baissait, mettait son œil au niveau du plancher, passait une aiguille en fer au milieu du jet, et elle lui donnait sur l'échelle la distance cherchée; à l'aide des deux longueurs *ef* et *fg*, ou x et y, il avait la vitesse par la formule $2,215 \frac{y}{\sqrt{x}}$, ainsi que nous l'avons déjà vu.

Des erreurs de l'observation.

D'après ce qui a été dit sur la manière dont les charges et les dépenses ont été mesurées, il ne saurait y avoir, sur ces quantités, des erreurs, au moins assez grandes pour affecter les résultats obtenus.

Il n'en est pas de même de celles qui peuvent

avoir été commises sur la mesure des diamètres. Quoique M. Castel ait pris et repris ces mesures un très-grand nombre de fois, et avec tout le soin dont il était susceptible, il ne saurait en répondre à un demi-dixième de millimètre près; et une telle erreur en entraînerait une d'un demi-centième sur la valeur des dépenses et des coefficients calculés.

Il y aurait à peu près une incertitude pareille relativement aux vitesses de sortie. Elles ont été déterminées en supposant que l'axe des ajutages était dans un plan horizontal, ainsi que dans un plan vertical passant par le milieu de l'échancrure du plancher: or, malgré toutes les précautions prises, on ne saurait répondre d'une petite déviation à l'égard des deux plans. Cependant, comme celles relatives au plan vertical étaient visibles, en ce qu'elles jetaient le jet plus d'un côté de l'échancrure que de l'autre, et que la différence n'a pas dépassé $0^{m},05$, on peut bien présumer que les déviations par rapport à l'autre plan, et par suite les erreurs dans les vitesses, comme dans les autres circonstances de l'écoulement, n'auront été que très-petites.

Un examen attentif des résultats donnés, au tableau suivant, par le plus consciencieux et le plus exact des observateurs, ne laissera point de doute à cet égard. Et encore ici, nous aurons une belle et précieuse suite d'expériences dont la science sera redevable à M. Castel.

AJUTAGE. Diamètre de l'orifice.	AJUTAGE. Angle de convergence.	CHARGE sur le centre de l'orifice.	DÉPENSE en litres par seconde.	COEFFICIENT de la dépense, *m*. Par expérience.	COEFFICIENT de la dépense, *m*. Moyen.	COORDONNÉE de l'arc décrit par le jet. Verticale.	COORDONNÉE de l'arc décrit par le jet. Horizontale.	COEFFICIENT de la vitesse *n*. Par expérience.	COEFFICIENT de la vitesse *n*. Moy…
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		mèt.							
(Longueur 0m,040)		0,2010	0,3100	0,827		1,1442	0,7940	0,828	
		0,4837	0,4816	0,829		1,1396	1,2370	0,833	
0,01550	»	0,9905	0,6896	0,829	0,829	1,1396	1,7690	0,832	0,8
		1,4999	0,8471	0,828		1,1396	2,1660	0,828	
		2,0040	0,9801	0,829		0,8926	2,2100	0,826	
		3,0304	1,2065	0,829		»	»	»	
		0,2125	0,3335	0,866		1,1442	0,8500	0,862	
		0,4853	0,5041	0,866		1,1396	1,2920	0,869	
		0,9864	0,7180	0,865		1,1396	1,8340	0,865	
0,01550	1°,36′	1,5016	0,8858	0,865	0,866	1,1396	2,2720	0,868	0,8
		2,0064	1,0230	0,864		0,8926	2,3240	0,868	
		3,0354	1,2620	0,867		0,8926	2,8580	0,868	
		0,2140	0,3456	0,894		1,1442	0,8820	0,891	
		0,4891	0,5226	0,894		1,1396	1,3410	0,898	
0,01550	3°,10′	0,9889	0,7437	0,895	0,895	1,1396	1,8920	0,891	0,8
		1,4920	0,9145	0,896		1,1396	2,3360	0,896	
		2,0054	1,0590	0,895		0,8926	2,3860	0,892	
		3,0340	1,3050	0,897		0,8926	2,9570	0,898	
		0,2164	0,3545	0,912		1,1442	0,9030	0,907	
		0,4854	0,5301	0,911		1,1396	1,3580	0,913	
		0,9895	0,7572	0,911		1,1396	1,9380	0,913	
0,01550	4°,10′	1,4944	0,9301	0,910	0 912	1,1396	2,3860	0,914	0,
		2,0064	1,0800	0,912		0,8926	2,4210	0,905	
		3,0339	1,3300	0,914		0,8926	2,9900	0,908	
		0,2165	0,3592	0,924		1,1442	0,9160	0,920	
		0,4872	0,5382	0,923		1,1396	1,3810	0,927	
0,01550	5°,26′	0,9934	0,7693	0,924	0,924	1,1396	1,9600	0,921	0,
		1,4944	0,9421	0,922		1,1396	2,4210	0,928	
		2,0019	1,0930	0,925		0,8926	2,4350	0,911	
		3,0304	1,3470	0,926		0,8926	2,9760	0,905	
		0 2125	0,3578	0,929		1,1442	0,9170	0,930	
		0,4871	0,5421	0,930		1,1396	1,3940	0,936	
0,01550	7°,52′	0,9944	0,7742	0,929	0,930	1,1396	1,9820	0,931	0
		1,4960	0,9484	0,928		1,1396	2,4440	0,936	
		2,0054	1,0990	0,929		0,8926	2,4810	0,927	
		3,0304	1,3550	0,932		»	»	»	

AJUTAGE.		CHARGE sur le centre de l'orifice.	DÉPENSE en litres par seconde.	COEFFICIENT de la dépense, *m*.		COORDONNÉE de l'arc décrit par le jet.		COEFFICIENT de la vitesse, *n*.	
Diamètre de l'orifice.	Angle de convergence.			Par expérience.	Moyen.	Verticale.	Horizontale.	Par expérience.	Moyen.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		mèt.							
		0,2146	0,3617	0,934		1,1442	0,9310	0,939	
		0,4861	0,5434	0,933		1,1396	1,4070	0,945	
0,01550	8°,58′	0,9944	0,7777	0,933	0,934	1,1396	2,0140	0,946	0,942
		1,4960	0,9542	0,934		1,1396	2,4570	0,941	
		2,0084	1,1050	0,933		0,8926	2,5150	0,939	
		3,0310	1,3610	0,935		»	»	»	
		0,2135	0,3622	0,938		1,1442	0,9370	0,948	
		0,4823	0,5440	0,937		1,1396	1,4150	0,954	
0,01550	10°,20′	0,9935	0,7813	0,938	0,938	1,1396	2,0200	0,949	0,951
		1,4930	0,9575	0,938		1,1396	2,4850	0,953	
		2,0084	1,1090	0,937		0,8926	2,5480	0,952	
		3,0304	1,3660	0,939		»	»	»	
		0,2155	0,3654	0,942		1,1442	0,9480	0,955	
		0,4841	0,5471	0,941		1,1396	1,4260	0,960	
0,01550	12°,04′	0,9934	0,7836	0,941	0942	1,1396	2,0360	0,957	0,955
		1,4994	0,9617	0,942		1,1396	2,4870	0,951	
		2,0084	1,1160	0,942		0,8926	2,5530	0,953	
		3,0274	1,3710	0,943		»	»	»	
		0,2155	0,3687	0,944		1,1442	0,9560	0,963	
		0,4831	0,5532	0,946		1,1396	1,4340	0,966	
0,01555	13°,24′	0,9924	0,7915	0,945	0,946	1,1396	2,0480	0,963	0,963
		1,4924	0,9715	0,946		1,1396	2,5190	0,966	
		2,0064	1,1[illegible]60	0,945		0,8926	2,5590	0,956	
		3,0297	1,3860	0,947		»	»	»	
		0,2160	0,3678	0,941		1,1442	0,9590	0,965	
		0,4821	0,5503	0,942		1,1396	1,4380	0,970	
0,01555	14°,28′	0,9939	0,7893	0,941	0,941	1,1396	2,0440	0,960	0,966
		1,4984	0,9682	0,940		1,1396	2,5[illegible]90	0,968	
		2,0084	1,1220	0,941		0,8926	2,5840	0,965	
		3,0324	1,3800	0,942		»	»	»	
		0,2150	0,3632	0,937		1,1442	0,9590	0,967	
		0,4806	0,5438	0,939		1,1396	1,4410	0,974	
0,01550	16°,36′	0,9954	0,7819	0,938	0,938	1,1396	2,0580	0,967	0,971
		1,4980	0,9578	0,937		1,1396	2,5430	0,973	
		2,0060	1,1100	0,938		0,8926	2,6010	0,972	
		3,0344	1,3670	0,939		»	»	»	

AJUTAGE.		CHARGE sur le centre de l'orifice.	DÉPENSE en litres par seconde	COEFFICIENT de la dépense, *m*.		COORDONNÉE de l'arc décrit par le jet.		COEFFICIEN[…] de la vites[…] n.	
Diamètre de l'orifice.	Angle de conver-gence.			Par expé-rience.	Moyen.	Verti-cale.	Hori-zontale.	Par expé-rience.	Mo[…]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1[…]
		mèt.							
0,01545	19°,28′	0,2158	0,3567	0,925	0,924	1,1442	0,9640	0,970	0,9[…]
		0,4844	0,5342	0,921		1,1396	1,4460	0,973	
		0,9934	0,7636	0,923		1,1396	2,0590	0,968	
		1,4980	0,9391	0,924		1,1396	2,5410	0,972	
		2,0064	1,0870	0,924		0,8926	2,5910	0,968	
		3,0304	1,3380	0,926		»	»	»	
0,01550	21°,00′	0,2135	0,3548	0,919	0,919	1,1442	0,9610	0,972	0,9[…]
		0,4865	0,5351	0,918		1,1396	1,4560	0,978	
		0,9954	0,7650	0,918		1,1396	2,0550	0,965	
		1,5004	0,9391	0,917		1,1396	2,5460	0,974	
		2,0084	1,0880	0,919		0,8926	2,5960	0,969	
		3,0314	1,3380	0,920		»	»	»	
0,01553	23°,00′	0,2150	0,3553	0,914	0,914	1,1442	0,9660	0,974	0,9[…]
		0,4876	0,5346	0,913		1,1396	1,4610	0,980	
		0,9980	0,7660	0,914		1,1396	2,0700	0,971	
		1,4920	0,9358	0,913		1,1396	2,5190	0,966	
		2,0044	1,0840	0,913		0,8926	2,6180	0,979	
		3,0314	1,3350	0,914		»	»	»	
0,01550	29°,58′	0,2145	0,3462	0,895	0,895	1,1442	0,9680	0,977	0,9[…]
		0,4866	0,5217	0,895		1,1396	1,4610	0,981	
		0,9914	0,7449	0,895		1,1396	2,0650	0,971	
		1,5014	0,9178	0,896		1,1396	2,5480	0,974	
		2,0064	1,0590	0,895		0,8926	2,6020	0,972	
		3,0340	1,3040	0,896		»	»	»	
0,01560	40°,20′	0,2175	0,3433	0,870	0,870	1,1442	0,9780	0,980	0,9[…]
		0,4881	0,5143	0,870		1,1396	1,4710	0,986	
		0,9920	0,7324	0,869		1,1396	2,0760	0,976	
		1,4994	0,9003	0,868		1,1396	2,5630	0,980	
		2,0090	1,0440	0,870		0,8926	2,6190	0,978	
		3,0340	1,2820	0,870		»	»	»	
0,01560	48°,50′	0,2095	0,3281	0,847	0,847	1,1442	0,9640	0,985	0,9[…]
		0,4876	0,5000	0,846		1,1396	1,4770	0,991	
		0,9960	0,7157	0,847		1,1396	2,0860	0,979	
		1,4980	0,8789	0,848		1,1396	2,5740	0,985	
		2,0084	1,0160	0,847		0,8926	2,6200	0,978	
		3,0344	1,2510	0,849		»	»	»	

AJUTAGE.		CHARGE sur le centre de l'orifice.	DÉPENSE en litres par seconde	COEFFICIENT de la dépense, *m*.		COORDONNÉES de l'arc décrit par le jet.		COEFFICIENT de la vitesse, *n*.	
Diamètre de l'orifice.	Angle de convergence.			Par expérience.	Moyen.	Verticale.	Horizontale.	Par expérience.	Moyen.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		met.							
(Longueur		0,2095	0,3502	0,928		1,1442	0,9230	0,942	
0^{m},035)		0,4853	0,5335	0,928		1,1396	1,4050	0,945	
0,01540	9°,14'	0,9970	0,7652	0,929	0,929	1,1396	2,0130	0,944	0,940
		1,4994	0,9379	0,929		1,1396	2,4490	0,937	
		2,0074	1,0850	0,928		0,8926	2,5000	0,934	
		3,0304	1,3360	0,930		»	»	»	
		0,2110	0,3652	0,945		1,1442	0,9330	0,949	
		0,4861	0,5532	0,944		1,1396	1,4200	0,954	
0,01555	10°,28'	0,9930	0,7897	0,942	0,945	1,1396	2,04 0	0,959	0,953
		1,4944	0,9716	0,945		1,1396	2,4800	0,950	
		2,0060	1,1260	0,945		0,8926	2,5470	0,952	
		3,0304	1,3860	0,947		»	»	»	
		0,2025	0,3576	0,951		1,1442	0,9230	0,959	
		0,4803	0,5508	0,951		1,1396	1,4270	0,964	
0,01550	12°,42'	0,9909	0,7906	0,950	0,951	1,1396	2,0430	0,961	0,961
		1,5024	0,9734	0,950		1,1396	2,5050	0,957	
		2,0024	1,1240	0,951		0,8926	2,5840	0,966	
		3,0334	1,3860	0,952		»	»	»	
		0,2042	0,3562	0,940		1,1442	0,9370	0,969	
		0,4813	0,5479	0,942		1,1396	1,4410	0,973	
0,01553	16°,02'	0,9929	0,7852	0,939	0,940	1,1396	2,0570	0,967	0,967
		1,4990	0,9656	0,940		1,1396	2,5060	0,959	
		2,0044	1,1155	0,939		0,8926	2,5850	0,966	
		3,0314	1,3750	0,942		»	»	»	
		0,2100	0,3547	0,926		1,1442	0,9520	0,971	
		0,4849	0,5381	0,925		1,1396	1,4470	0,973	
0,01550	19°,06'	0,9954	0,7724	0,927	0,926	1,1396	2,0760	0,975	0,974
		1,5030	0,9486	0,926		1,1396	2,5360	0,969	
		2,0044	1,0960	0,927		0,8926	2,6240	0,981	
		3,0304	1,3490	0,927		»	»	»	
(Longueur		0,2125	0,3531	0,941		1,1442	0,9540	0,967	
0^{m},030)		0,4891	0,5365	0,942		1,1396	1,4500	0,971	
0,01530	15°,44'	0,9964	0,7640	0,940	0,941	1,1396	2,0680	0,970	0,968
		1,4960	0,9362	0,940		1,1396	2,5330	0,970	
		2,0094	1,0850	0,940		0,8926	2,5700	0,960	
		3,0314	1,3360	0,943		»	»	»	

AJUTAGE. Diamètre de l'orifice.	AJUTAGE. Angle de convergence.	CHARGE sur le centre de l'orifice.	DÉPENSE en litres par seconde.	COEFFICIENT de la dépense, *m*. Par expérience.	COEFFICIENT de la dépense, *m*. Moyen.	COORDONNÉE de l'arc décrit par le jet. Verticale.	COORDONNÉE de l'arc décrit par le jet. Horizontale.	COEFFICIENT de la vitesse, *n*. Par expérience.	COEFFICIENT de la vitesse, *n*. Moyen.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(Longueur		0,2125	0,3490	0,930		1,1442	0,9570	0,970	
0m,025)		0,4896	0,5305	0,931		1,1396	1,4510	0,970	
0,01530	19°,14′	0,9949	0,7560	0,931	0,931	1,1396	2,0560	0,966	0,968
		1,5034	0,9295	0,931		1,1396	2,5290	0,967	
		2,0084	1,0730	0,930		0,8926	2,5830	0,965	
		3,0304	1,3200	0,931		»	»	»	
(Longueur		0,2140	0,5878	0,913		1,1442	0,8980	0,907	
0m,050)		0,4823	0,8823	0,913		1,1396	1,3490	0,910	
0,02000	2°,50′	0,9964	1,2680	0,913	0,914	1,1396	1,9390	0,910	0,906
		1,5024	1,5600	0,915		1,1396	2,3660	0,904	
		2,0064	1,8020	0,914		0,8926	2,4120	0,901	
		3,0320	2,2180	0,916		»	»	»	
		0,2160	0,6007	0,929		1,1442	0,9200	0,925	
		0,4857	0,9013	0,930		1,1396	1,3800	0,927	
0,02000	5°,26′	0,9924	1,2890	0,930	0,930	1,1396	1,9710	0,927	0,927
		1,4940	1,5830	0,931		1,1396	2,4250	0,929	
		2,0074	1,8330	0,930		0,8926	2,4880	0,929	
		3,0310	2,2550	0,931		»	»	»	
		0,2145	0,6076	0,938		1,1442	0,9260	0,935	
		0,4833	0,9116	0,938		1,1396	1,3940	0,939	
0,02005	6°,54′	0,9904	1,3040	0,937	0,938	1,1396	1,9850	0,934	0,938
		1,4984	1,6060	0,938		1,1396	2,4610	0,942	
		2,0064	1,8580	0,938		0,8926	2,5150	0,940	
		3,0304	2,2855	0,939		»	»	»	
		0,2105	0,6026	0,944		1,1442	0,9330	0,951	
		0,4839	0,9146	0,945		1,1396	1,4150	0,953	
0,02000	10°,30′	0,9984	1,3120	0,944	0,945	1,1396	2,0100	0,953	0,953
		1,4[illegible]84	1,6100	0,945		1,1396	2,4900	0,953	
		2,0064	1,8610	0,946		0,8926	2,5580	0,957	
		3,0304	2,2900	0,945		»	»	»	
		0,2077	0,6020	0,950		1,1442	0,9340	0,958	
		0,4822	0,9170	0,949		1,1396	1,4250	0,961	
0,02000	12°,10′	0,9044	1,3160	0,949	0,950	1,1396	2,0300	0,954	0,957
		1,4974	1,6170	0,950		1,1396	2,5010	0,957	
		2,0010	1,8680	0,949		0,8926	2,5590	0,955	
		3,0304	2,3020	0,951		»	»	»	

AJUTAGE. Diamètre de l'orifice.	AJUTAGE. Angle de convergence.	CHARGE sur le centre de l'orifice.	DÉPENSE en litres par seconde.	COEFFICIENT de la dépense, m. Par expérience.	COEFFICIENT de la dépense, m. Moyen.	COORDONNÉE de l'arc décrit par le jet. Verticale.	COORDONNÉE de l'arc décrit par le jet. Horizontale.	COEFFICIENT de la vitesse, n. Par expérience.	COEFFICIENT de la vitesse, n. Moyen.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,02000	13°,40′	0,2110	0,6109	0,956	0,956	1,1442	0,9490	0,966	0,964
		0,4826	0,9236	0,956		1,1396	1,4350	0,968	
		0,9954	1,3260	0,955		1,1396	2,0550	0,965	
		1,4980	1,6260	0,955		1,1396	2,5130	0,962	
		2,0084	1,8840	0,956		0,8926	2,5680	0,959	
		3,0304	2,3170	0,957		»	»	»	
0,01995	15°,02′	0,2145	0,6079	0,948	0,949	1,1442	0,9580	0,967	0,967
		0,4871	0,9164	0,949		1,1396	1,4460	0,970	
		0,9954	1,3090	0,948		1,1396	2,0720	0,973	
		1,5024	1,6100	0,949		1,1396	2,5140	0,961	
		2,0070	1,8610	0,949		0,8926	2,5780	0,963	
		3,0324	2,2890	0,950		»	»	»	
0,02000	18°,10′	0,2155	0,6066	0,939	0,939	1,1442	0,9650	0,972	0,971
		0,4866	0,9118	0,940		1,1396	1,4490	0,973	
		0,9969	1,3040	0,939		1,1396	2,0710	0,972	
		1,4966	1,6000	0,940		1,1396	2,5320	0,969	
		2,0084	1,8510	0,939		0,8926	2,5920	0,968	
		3,0354	2,2780	0,940		»	»	»	
0,01995	23°,04′	0,2175	0,6006	0,930	0,930	1,1442	0,9720	0,974	0,971
		0,4891	0,8997	0,929		1,1396	1,4550	0,975	
		0,9959	1,2840	0,930		1,1396	2,0760	0,974	
		1,5044	1,5790	0,930		1,1396	2,5410	0,970	
		2,0074	1,8230	0,929		0,8926	2,5740	0,962	
		3,0354	2,2450	0,931		»	»	»	
0,02000	33°,52′	0,2140	0,5927	0,921	0,920	1,1442	0,9700	0,980	0,979
		0,4841	0,8909	0,920		1,1396	1,4580	0,982	
		0,9944	1,2760	0,920		1,1396	2,0850	0,979	
		1,5024	1,5680	0,919		1,1396	2,5780	0,985	
		2,0064	1,8130	0,920		0,8926	2,5970	0,970	
		3,0320	1,2320	0,921		»	»	»	
Longueur (0m,100) 0,02010	11°,52′	0,2122	0,6243	0,964	0,965	1,1442	0,9510	0,965	0,967
		0,4891	0,9484	0,965		1,1396	1,4440	0,967	
		0,9960	1,3550	0,966		1,1396	2,0610	0,967	
		1,4968	1,6600	0,966		1,1396	2,5280	0,968	
		2,0034	1,9180	0,964		0,8926	2,5850	0,967	
		3,0350	2,3670	0,967		»	»	»	

AJUTAGE.		CHARGE sur le centre de l'orifice.	DÉPENSE en litres par seconde.	COEFFICIENT de la dépense, m.		COORDONNÉE de l'arc décrit par le jet.		COEFFICIENT de la vitesse, n.	
Diamètre de l'orifice.	Angle de convergence.			Par expérience.	Moyen.	Verticale.	Horizontale.	Par expérience.	Moyen.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,01990	14°,12′	0,2147	0,6107	0 957	0,958	1,1442	0,9620	0,971	0,970
		0,4856	0,9193	0,958		1,1396	1,4470	0,973	
		0,9964	1,3160	0,957		1,1396	2,0620	0,968	
		1,5014	1,6170	0,958		1,1396	2,5300	0,967	
		2,0080	1,8680	0,957		0,8926	2,5990	0,971	
		3,0334	0,2990	0,958		»	»	»	
0,02010	16°,34′	0,2175	0,6230	0,951	0,951	1,1442	0,9710	0,973	0,974
		0,4825	0,9278	0,950		1,1396	1,4480	0,976	
		0,9955	1,3320	0,950		1,1396	2,0820	0,977	
		1,4994	1,6360	0,951		1,1396	2,5360	0,969	
		2,0064	1,8900	0,950		0,8926	2,6060	0,974	
		3,0274	2,3240	0,951		»	»	»	

Résultats.

Dépense. En comparant, dans les cinquièmes colonnes, les coefficients de la dépense, obtenus avec un même ajutage, mais sous des charges très-différentes, on voit qu'ils sont sensiblement les mêmes (peut-être y a-t-il une très-légère augmentation sous la charge de 3m ?). Ainsi dans les ajutages coniques la dépense est exactement proportionnelle à la racine de la charge et à la section de l'orifice.

En suivant, dans la sixième colonne, la série des coefficients moyens, pour des ajutages de même diamètre et longueur, nous voyons ces coefficients augmenter graduellement avec l'angle de convergence, mais jusqu'à l'angle de 13 $\frac{1}{2}$ degrés seulement, où le coefficient est de 0,95 à

0,96. Au delà de cet angle, il diminue faiblement, comme toutes les variables aux environs du *maximum;* à 20°, il est encore de 0,92 à 0,93. Mais ensuite la diminution devient de plus en plus rapide; et il finirait par n'être plus que 0,64, coefficient des petits orifices en mince paroi, ces orifices étant le terme extrême des ajutages convergents, celui où l'angle de convergence a atteint sa plus grande valeur, 180°.

Les dépenses, à égalité d'orifice et de charge, étant proportionnelles aux coefficients, la plus grande dépense aura donc lieu sous l'angle de convergence de 13 à 14°.

Il est très-vraisemblable que les coefficients de la vitesse, comme ceux de la dépense, pour un même ajutage, mais sous des charges différentes, auraient été sensiblement les mêmes, sans la résistance de l'air. Mais cette résistance diminuant la portée du jet, et d'autant plus que la charge est plus forte, car $y = 2\sqrt{hx}$, il doit y avoir, dans les coefficients calculés, une diminution croissant avec la charge, quoiqu'en réalité il n'y en ait point eu dans la vitesse avec laquelle le fluide sortait ou tendait à sortir. Le plus souvent M. Castel n'a pu déterminer les vitesses de projection pour les charges au-dessus de 2m; le jet dépassait la longueur du plancher (la largeur de la terrasse), ou il se déformait beaucoup trop avant de l'atteindre. Vitesse.

Les coefficients moyens de la vitesse, portés à la dixième colonne, croissent, à partir de l'angle 0°, comme ceux de la dépense jusque vers 10°; puis ils augmentent plus rapidement; et au delà de l'angle de plus grande dépense, pendant que les autres diminuent, ils continuent de croître et de se rapprocher de leur limite 1; ils en sont déjà

bien près sous les angles de 50° et même de 40°. Les ajutages coniques forment, par leur convergence, une progression dont le premier terme est l'ajutage cylindrique, et dont le dernier est l'orifice en mince paroi : leur vitesse de projection, croissant avec la convergence, variera donc depuis celle du tube additionnel jusqu'à celle du simple orifice, c'est-à-dire depuis $0,82\sqrt{2gh}$ jusqu'à $\sqrt{2gh}$; et le coefficient depuis 0,82 jusqu'à 1.

En comparant les coefficients m de la dépense avec ceux n de la vitesse, et divisant les premiers par les seconds, on aura la suite des n' ou des coefficients de la contraction extérieure. Depuis l'angle 0° jusqu'à 10°, m et n étant sensiblement égaux, on a $n'=1$, et par conséquent il n'y a pas de contraction; malgré la convergence des parois, les molécules fluides sortent à peu près parallèlement à l'axe. Mais au delà de 10° la contraction se manifeste; elle réduit de plus en plus la section de la veine, et elle finirait par la rendre pareille à celle qui a lieu dans les orifices en mince paroi, ainsi qu'on le voit ci-contre.

ANGLE.	n'
8°	1,00
15	0,98
20	0,95
30	0,92
40	0,89
50	0,85
180	0,65

Observations sur la longueur des ajutages.

L'expérience ayant appris que les ajutages cylindriques produisent sûrement tout leur effet, l'augmentation de dépense, lorsque leur longueur égale au moins deux fois et demie leur diamètre; par analogie et pour ne pas compliquer nos résultats de ceux du frottement de l'eau contre les parois, je fixai la longueur des ajutages coniques à environ deux fois et demi le diamètre de sortie : ainsi, elle fut de $0^m,40$ pour ceux de $0^m,0155$ de diamètre, et de $0^m,50$ pour ceux de $0^m,020$. Toutefois, et afin de mettre à même de détermi-

ner l'effet de la longueur, on devait encore expérimenter sur deux autres séries d'ajutages de 0m,0155 de diamètre; dans l'une, la longueur commune eût été de 0m,03, que je regardais comme le *minimum*; pour l'autre, c'eût été de 0m,10, dimension assez usitée dans la pratique. Mais ce travail est encore à faire.

Cependant M. Castel a déjà tenté quelques essais. Pour les ajutages de 0m,0155, il a pris des longueurs de 0m,035, 0m,03 et 0m,024, ainsi qu'on le voit au tableau, et il a eu des coefficients de 0,002, 0,003 et 0,005 plus faibles, comme on devait s'y attendre. Mais, et contre toute attente, avec les ajutages de 0m,020 de diamètre et une longueur de 0m,10, il a une augmentation notable; ainsi sous l'angle de $11^{\circ}\frac{1}{2}$, on aurait $m=0,965$, au lieu de 0,949. Ainsi l'effet de la longueur est loin d'être constaté. En attendant qu'il le soit et tant qu'il ne se présentera pas des longueurs extraordinaires, on prendra dans le tableau ci-dessus, pour chacun des ajutages qu'on emploiera, le coefficient correspondant à son angle de convergence, sans craindre quelqu'erreur notable.

Exemple d'une solution du problème général sur les ajutages.

Je montre, par un exemple, la manière de faire servir le tableau des expériences à la solution du problème mentionné au commencement de cet écrit.

J'établis d'abord les formules dans la supposition que la trajectoire décrite par le jet est une parabole; et presque toujours elle le sera sensiblement.

Soit i l'angle d'inclinaison ou de projection de l'ajutage lançant le jet, h la charge d'eau effective, n^2h sera la hauteur due à la vitesse de sortie, n étant toujours le coefficient de cette vitesse. Si l'on prend pour axe des abscisses

l'horizontale menée par l'orifice de l'ajutage, l'équation de la courbe sera (*Mécanique* de M. Poisson, n° 208) :

$$y = x \operatorname{tang.} i - \frac{x^2}{4n^2 h \cos.^2 i} \qquad (1)$$

Désignons par A l'*amplitude* du jet, qui est la portion de l'horizontale comprise entre l'orifice et le point où elle est rejointe par le jet, et où, en conséquence, $y = 0$, l'on a, toute réduction faite ;

$$A = 2n^2 h \sin. 2i. \qquad (2)$$

Pour la plus grande élévation du jet, ou la plus grande ordonnée V, correspondante à l'abscisse, qui est la moitié de l'amplitude, on aura :

$$V = n^2 h \sin.^2 i. \qquad (3)$$

Divisant cette égalité par la précédente, il vient :

$$\frac{4V}{A} = \frac{\sin. i}{\cos. i} = \operatorname{tang.} i. \qquad (4)$$

Cela posé, supposons qu'il s'agisse d'établir, dans un lieu où la charge d'eau est de 8 mètres, une rangée d'ajutages devant porter chacun 0,003 mètre cube d'eau, à 11 mètres de distance, en l'élevant à 6 mètres au-dessus du point de départ; on a ici pour la charge. $8^m = h$
Pour l'amplitude du jet. . . . . $11^m = A$
Pour la plus grande élévation . . . . . . $6^m = V$
Pour la dépense en eau. . . . . $0{,}003 = e$
La formule (4) donne. . . . . $i = 65°\,22'$

Le carré du sinus de cet angle mis dans l'équation (3), où V et h sont connus, donnera : $n = 0{,}953$.

Le tableau, colonne 10, montre que ce coefficient appartient à un ajutage dont l'angle de convergence est d'environ 11°.

Pour un tel ajutage, d'après le même tableau, colonne 6, le coefficient $m = 0{,}940$; et la formule ordinaire de la dépense $Q = m \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2gh}$; donnera : $d = 0^m{,}0180$.

Ainsi, on satisfera à la question proposée en plaçant, aux points indiqués, des ajutages coniques ayant $0^m{,}018$ de diamètre à la sortie, avec une convergence de 11°, et en les inclinant à l'horizon de 65° 22'.

NOTICE

Sur l'affinage de la fonte au charbon de bois par la méthode nivernaise;

Par M. H. LE COCQ, Ingénieur des mines (1).

Aucuns renseignements positifs ne permettent de fixer l'époque à laquelle la méthode d'affinage, dite méthode nivernaise, a été introduite ou a pris naissance dans le pays, d'où elle a tiré son nom. L'opinion la plus généralement répandue, est que l'établissement des forges, où se pratique ce procédé d'affinage, et que l'on nomme petites forges, remonte à environ 300 ans. Cette époque doit être là même que celle de l'établissement des hauts-fourneaux dans le Nivernais. L'analogie de ce procédé d'affinage avec celui de Styrie fait présumer qu'il a été importé de ce dernier pays. Quels perfectionnements successifs a subis cette méthode, c'est ce qu'il serait difficile de dire? Nous l'examinerons seulement telle qu'elle est pratiquée aujourd'hui. **Origine du procédé.**

Le nombre des petites forges où l'on convertit en fer la fonte en gueuse est actuellement peu considérable. Dans les forges où l'on ne fabrique que du fer, on consomme en général une grande quantité de ferraille. Cette ferraille se compose soit de débris de vieux fer, soit de morceaux de fonte extraits des laitiers des hauts-fourneaux. On

(1) Cette notice est extraite d'un rapport adressé à M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines au commencement de l'année 1836.

y passe aussi des déchets de moulerie. Dans les autres petites forges, on fabrique de l'acier et du fer. Ce fer est obtenu en partie occasionnellement, en partie à dessein pour satifaire les demandes du commerce. Nous considérerons d'abord la conversion en fer de la fonte en gueuse.

Disposition d'une petite forge.

Une petite forge nivernaise comprend 2 ou 3 feux. Quand il y a 3 feux, l'un sert exclusivement au mazéage de la fonte, et les deux autres à l'affinage. Lorsqu'il n'y en a que deux, on maze dans l'un d'eux, et l'on y affine après qu'une quantité suffisante de fonte a été mazée. La *fig.* 2, *Pl. II*, représente la disposition d'une forge à deux feux. On y voit l'emplacement de la machine soufflante et du marteau.

Disposition d'un feu de forge.

Les *fig.* 3 à 5 indiquent la disposition d'un feu; elle est la même pour un feu de mazerie et un feu d'affinerie; il n'y a de différence que dans la position de la tuyère. Seulement, au feu de mazerie, une ouverture est pratiquée soit dans le mur parallèle au contrevent, soit dans le mur parallèle à la rustine pour qu'on puisse avancer la gueuse.

Du creuset.

Le creuset est tantôt carré, tantôt rectangulaire. Il est formé à l'aide de 4 plaques de fonte: la partie inférieure de la varme est construite en briques; elle supporte une plaque de fonte presque horizontale sur laquelle on dispose la pièce de fonte représentée *fig.* 6, et qui est dite *chapelle* de la tuyère. La varme est verticale; les 3 autres faces latérales sont inclinées. La plaque de fond est horizontale, et repose sur un lit de scories.

Le chio a la forme représentée *fig.* 7. Il porte deux ouvertures, l'une inférieure, rectangulaire; l'autre supérieure, circulaire. Voici les dimensions de deux foyers, l'un rectangulaire, l'autre carré.

Ces dimensions varient un peu suivant le caprice du monteur de feux.

Creuset rectangulaire.

		mèt.
Partie supérieure	de la rustine au chio.	0,70
	de la varme au contrevent.	0,65
Partie inférieure	de la rustine au chio	0,59
	de la varme au contrevent.	0,55
Profondeur du creuset		0,52

Creuset carré.

Partie supérieure.	Côté du carré.	0,61
Partie inférieure.	Côté du carré.	0,40
Profondeur du creuset		0,50

La tuyère est en cuivre. La hauteur de son centre au-dessus du fond, pour le creuset carré dont les dimensions sont données ci-dessus, est de 0^{m},35. Son axe fait un angle de 30 degrés avec l'horizontale. Quand on maze elle avance de 0^{m},23 dans le creuset. Quand on affine, sa hauteur au-dessus du fond et son inclinaison restant la même, elle n'avance plus que de 0^{m},19. Par suite la direction du jet d'air atteint plus bas le contrevent. elle est fixée par des cales en fer dans la chapelle représentée *fig.* 6. De la tuyère.

L'œil de la tuyère a 0^{m},025 de diamètre.

Celui de la buse varie de 0^{m},035 à 0^{m},040.

Il n'y a jamais qu'une seule buse dans chaque tuyère.

Du mazéage.

Le mazéage est une simple fusion de la fonte qui a pour but de la préparer à l'affinage.

L'ouvrier ayant disposé la tuyère comme il a été dit plus haut, nettoie le creuset, le remplit de charbon, avance la gueuse au-dessus de la tuyère, place sous la fonte quelques charbons allumés,

recouvre le tout de combustible frais, et donne le vent. Il bouche le trou de coulée avec de la terre grasse. Il laisse la fusion de la fonte s'opérer, sans travailler dans le creuset; il ajoute seulement du combustible et avance la gueuse quand il le juge convenable. Il s'occupe aussi de préparer l'emplacement pour la coulée. Il égalise le sol devant le creuset et forme une petite digue demi-circulaire avec du fraisil et des scories. On ajoute souvent à la fonte des scories provenant de l'affinage comtois; la quantité qu'on en met est assez variable. Les ouvriers prétendent que cela dépend de la nature de la fonte et de celle du combustible.

Quand une quantité suffisante de fonte s'est rassemblée dans le creuset et que de nombreuses étincelles jaillissent au-dessus de la tuyère, l'ouvrier recule la gueuse, arrête le vent, et débouche le trou de coulée. La fonte et les scories sortent ensemble en bouillonnant, et remplissent l'espace préparé. L'ouvrier jette alors de l'eau sur la matière incandescente, et, à l'aide de son ringard, trace plusieurs raies parallèles pour diviser le gâteau de fonte mazée, et faciliter la séparation des scories qui en recouvrent la surface. Il retire les parties de fonte qui ont pu rester dans les angles du creuset, il remet du charbon frais, avance de nouveau la gueuse et redonne le vent.

L'opération dure de 2 heures $\frac{1}{2}$ à 3 heures. La quantité de fonte mazée obtenue est d'environ 250 kilogr.

Un seul ouvrier suffit pour la conduite d'un feu de mazerie; il est aidé par un gars ou valet qui dessert en même temps un feu d'affinerie.

Les outils employés sont un ringard en fer, un

crochet en fer avec manche en bois, un crochet tout en fer, dont la partie recourbée est aplatie, une pelle en fer et un rable en bois.

Par le refroidissement, le laitier qui recouvre le gâteau de fonte se divise en petits fragments, et se sépare facilement. M. Berthier (*Ann. des mines*, 1re série, tom. VII) a donné les résultats de l'essai et de l'analyse de scories obtenues par le mazéage nivernais. La quantité de fonte donnée à l'essai par ces scories varie de 40 à 57 p. 100.

La fonte mazée obtenue est en plaques de $0^m,03$ à $0^m,04$ d'épaisseur. Elle est blanche et très-poreuse. Exposée à l'action oxidante du vent de la tuyère devant laquelle elle tombe goutte à goutte, et à celle des scories douces qu'on ajoute, la fonte par le mazéage se trouve purifiée d'une partie des matières étrangères qu'elle renferme, et subit un commencement d'affinage.

Le déchet de la fonte dans le mazéage dépend de sa qualité et de la quantité de scories douces qu'on ajoute. Il faut de $1^{ton.},100$ à $1^{ton.},170$ de fonte brute pour obtenir 1 tonne de fonte mazée, soit $1^{ton.},130$.

La consommation en combustible est moyennement de 42 hectolitres par tonne de fonte mazée obtenue. Aux forges royales de Guérigny, on évalue à $18^{k.},75$ le poids de l'hectolitre de charbon provenant des bois de la Nièvre. Mais comme, généralement dans les petites forges, on n'emploie que du charbon de qualité inférieure, tandis que la première qualité est réservée pour la fusion des minerais, nous admettrons 17 kil. pour le poids de l'hectolitre. Cela fait pour une tonne de fonte mazée $0^{ton.},614$ de charbon de bois.

De l'affinage.

La tuyère est disposée pour l'affinage, comme il a été dit plus haut, de manière que le jet de vent soit plus plongeant que pour le mazéage. La disposition des autres parties du foyer est absolument la même.

L'ouvrier ayant nettoyé le creuset et arraché les sornes qui peuvent s'être attachées aux plaques, le remplit de charbon, place au-dessus de la tuyère environ 35 kilogr. de fonte mazée, recouvre le tout de charbon, dispose au-dessus la loupe qu'on vient de cingler, et donne le vent. La fonte mazée se fond, tombe au fond du creuset et s'y affine, sans que l'ouvrier y travaille. Il ajoute seulement des scories douces provenant de l'affinage comtois. En général, il fait écouler deux fois les scories par le trou de chio pendant l'opération. Quelquefois lorsque les laitiers sont trop épais, il les rend plus fluides en jetant sur le feu du quartz ou du sable.

Pendant la fusion et l'affinage de la fonte, on réchauffe la loupe de la cuite précédente ; elle est ensuite portée sous le marteau et divisée en deux parties appelées chaudes. Chaque chaude, serrée dans une pince, est reportée sur le foyer, puis étirée en barre à partir du milieu. Quelquefois cette barre est coupée en deux parties; sinon on achève successivement de forger chacune de ses extrémités.

Le forgeage des chaudes étant achevé, on sort la loupe et on la porte sous le marteau. Le creuset est ensuite nettoyé, et on commence une nouvelle opération.

La durée d'une opération est de 2 heures $\frac{1}{2}$ à 3

heures. Quand le fer est étiré en très-petits échantillons, la durée est plus considérable.

Un ouvrier et un gars ou valet desservent un feu d'affinerie.

Les outils employés sont plusieurs ringards, plusieurs pinces, un crochet et une pelle en fer.

Deux scories d'affinage de la Nièvre ont donné, d'après les essais de M. Berthier, de 47 à 51 de fonte pour 100.

Une sorne ou scorie très-poreuse et très-mélangée de fer métallique, qui s'attache au fond du creuset, a donné à l'essai 70 pour 100 de fonte.

Le fer obtenu par l'affinage nivernais est toujours de petit échantillon. Il est en général dur et un peu aciéreux, et n'a jamais l'homogénéité et la parfaite malléabilité du fer obtenu par la méthode comtoise.

Le déchet éprouvé dans l'affinage de la fonte mazée, et l'étirage du fer est un peu plus faible que celui qui a lieu dans le mazéage. Il faut de $1^{ton.}$,080 à $1^{ton.}$,150 de fonte mazée pour obtenir 1 tonne de fer. Soit $1^{ton.}$,100.

La consommation en combustible est à peu près le triple de celle qui a lieu dans le mazéage. Pour une tonne de fer obtenu, on consomme 120 hectolitres de charbon de bois ou $1^{ton.}$,940.

Si l'on récapitule la consommation pour obtenir par la méthode nivernaise 1 tonne de fer en barres, on trouve qu'il faut moyennement :

$1^{ton.}$,350 de fonte brute;

168 hectolitres ou $2^{ton.}$,856 de charbon.

La consommation en fonte est, comme on le voit, bien inférieure à celle qui a lieu par le procédé comtois; elle peut même, comme nous l'avons dit, ne pas s'élever jusqu'à $1^{ton.}$,190. La con-

sommation en combustible, au contraire, surpasse celle que présentent les autres procédés d'affinage usités en France.

Des marteaux.

Les marteaux sont de l'espèce de ceux qu'on nomme macas ou marteaux à bascule. L'ordon se compose de deux montants en bois assemblés dans des semelles et consolidés par une traverse. La queue du marteau a en général un quart de la longueur totale du manche. Elle est abaissée par des cames en fer fixées sur un anneau en fonte que porte l'arbre de la roue hydraulique; le nombre de ces cames est souvent de 8. Le marteau bat de 90 à 100 coups par minute. Sa tête et l'enclume sont en fonte. Le poids de la tête est de 130 à 150 kil. Voici les dimensions d'une panne d'enclume et d'une panne de marteau : panne d'enclume $0^m,07$ de large, $0^m,33$ de long; panne de marteau $0^m,07$ de large, $0^m,30$ de long.

Souvent les roues hydrauliques sont des roues à augets. L'eau arrive à leur sommet, et agit à la fois par le choc et par son poids. La transmission du mouvement étant directe et sans engrenage, il s'ensuit que la vitesse moyenne de la roue est le plus souvent beaucoup plus grande qu'elle ne devrait être pour que l'eau y produisît par son poids le plus d'effet possible.

Un seul marteau sert en général pour 2 feux.

Des soufflets.

Dans trois ou quatre forges du Nivernais seulement on fait encore usage des soufflets à liteaux et à charnière; dans toutes les autres, ces soufflets ont été remplacés par des caisses à pistons en bois ou des cylindres en fonte. Les premières caisses à pistons en bois établies dans le département de la Nièvre furent construites aux forges de la marine de Guérigny, en l'an 6 (1798). Ce fut une

amélioration notable dans l'industrie des forges. La construction des soufflets en bois est simple et peu dispendieuse, leur entretien est facile. Ils exigent seulement la dépense d'une livre de graisse par mois.

Parmi toutes les petites forges de la Nièvre, celle de Cramain seulement nous a permis d'évaluer d'une manière un peu exacte la quantité d'air lancée dans un feu de petite forge. La machine soufflante de Cramain alimente l'été un feu de mazerie et un feu de forge où se pratique l'affinage comtois. L'hiver, elle envoie du vent au haut-fourneau. Elle porte un manomètre; elle est à caisses à pistons en bois.

Le manomètre indiquait une pression de $0^{m},016$.

Le diamètre de la buse était de $0^{m},04$.

Pour calculer la vitesse de l'air lancé, nous nous sommes servis de la formule de M. d'Aubuisson :

$$V = 395 \sqrt{h \frac{T}{b+h}}$$

On trouve $V = 58^{m},61$ pour la vitesse du vent par seconde; et $Q = 4^{m.c.},46$ pour le volume de l'air lancé par minute à la pression de l'atmosphère $0^{m},76$, et à la température de $12°$.

Nous avons calculé aussi la quantité d'air aspirée par la machine soufflante de la forge de Chollet. Cette machine se compose de 2 cylindres en fonte à pistons.

Le diamètre intérieur des cylindres est de	$1^{m},25$.
La course du piston est de	$0^{m},77$.
Le nombre des coups de pistons par minute est de	15.

On trouve, en effectuant les calculs, que la quantité d'air aspirée par minute est de $14^{m.c.},28$,

en ne tenant compte ni de l'espace nuisible, ni de la contraction due au rétrécissement des soupapes. Si maintenant nous supposons, ce qui est à peu près la moyenne des expériences faites par M. d'Aubuisson (*Ann. des mines*, 1re série, tome II), que les $\frac{60}{100}$ seulement de l'air aspiré sont fournis aux feux de forges, on trouve que cette machine lance par minute $8^{m.c.},57$; or, elle alimente deux feux, cela fait donc pour chacun $4^{m.c.},28$.

On peut donc admettre qu'il faut de $4^{m.c.},20$ à $4^{m.c.},50$ d'air par minute pour alimenter un feu de petite forge.

Des ouvriers. Le nombre des ouvriers employés à plusieurs petites forges, quoique composées du même nombre de feux, est assez variable. Il dépend de la puissance du cours d'eau. En général, une forge comprenant 3 feux, 1 de mazerie, et 2 d'affinerie, occupe 4 ouvriers : 1 marteleur, 2 forgerons et un gars. Une telle forge produit 70 tonnes de fer par an. Alors on ne travaille pas de rechange, c'est à dire que les feux chôment une partie de la nuit. Quelques maîtres de forges prétendent qu'il y a économie à ne pas travailler constamment dans un feu. Cela peut tenir à ce que le temps, nécessaire à l'étirage des barres, étant plus considérable que celui strictement nécessaire à l'affinage de la fonte mazée; quand le foyer est très-échauffé, la perte en combustible est alors plus grande, sans que la production le soit proportionnellement.

La fabrication du fer est donnée à prix fait aux ouvriers, y compris le mazéage et l'affinage de la fonte. Ce prix est de 26 ou 28 fr. la tonne, soit 27 fr.

Du produit journalier.

Nous avons vu qu'une opération de 2$_h$ $\frac{1}{2}$ procure 250^k de fonte mazée; ainsi dans une journée de 15^h on obtiendra 1$^{ton.}$,500, c'est à peu près le produit d'une gueuse.

Un feu d'affinerie produit dans 3 heures 30^k de fer. Dans une journée de 15^h il produira 0$^{ton.}$,150, et le produit de 2 feux sera 0$^{ton.}$, 300. Or, pour obtenir 1.000 de fer, il faut 1.100 de fonte mazée. On voit donc que le feu de mazerie ne sera pas même obligé de marcher 1 jour entier pour 4 jours de travail des deux feux d'affinerie.

Du charbon consommé.

Le charbon consommé dans les petites forges est du charbon de qualité inférieure. Quand elles sont situées auprès des hauts-fourneaux, on y brûle le menu provenant des magasins. Soit pour le mazéage, soit pour l'affinage, on consomme alors $\frac{2}{5}$ de menu contre $\frac{3}{5}$ de gros charbon. Quant à l'essence du bois carbonisé, la moitié est du chêne, l'autre moitié se compose de charme, bouleau, et hêtre. On admet qu'il faut 3 $\frac{1}{2}$ cordes de bois de 64 pieds cubes chaque, pour obtenir une banne de charbon de 24 hectolitres. Le prix de l'abattage et du charbonnage est par corde de 2 fr. ainsi répartis :

	fr. c.
Au bûcheron.	1,00
Au releveur.	0,15
Au dresseur	0,30
Au feuilleur	0,05
Au charbonnier . . .	0,50
	2,00

Le bûcheron est chargé d'abattre le bois et de le couper en bûches. Le releveur arrange le bois en corde pour le mesurer. Le dresseur transporte le bois du lieu où se trouve la corde à la place où se fait la meule, refend le gros bois et l'arrange en meules. L'emploi du feuilleur est de recouvrir le

bois arrangé, soit avec du gazon, soit avec de la fougère ou de la paille qu'il charge ensuite de terre. Le charbonnier conduit les travaux relatifs à la carbonisation.

On peut donc établir ainsi le prix sur la forge de 24 hectolitres de charbon :

	fr. c.
Achat du bois. 3 1/2 cordes, à 4 fr. la corde.	14,00
Abattage, dressage, charbonnage, à 2 fr. la corde	7,00
Transport à l'usine. Prix moyen pour 24 hect.	3,00
Total. . . .	24,00

En comptant l'hectolitre à 17 kilog., on trouve pour le prix de la tonne de charbon rendue sur l'usine 58 fr. 82 c.

D'après ce qui précède, on peut établir ainsi qu'il suit le prix de revient d'une tonne de fer.

Prix de revient d'une tonne de fer fabriqué par la méthode nivernaise avec de la fonte en gueuse. Sur place.

	fr. c.	fr. c.
Fonte. 1t,250, à 170 fr. l'une, savoir : 165 fr., prix sur place, et 5 fr. de transport.	212,00	
Charbon. 2t,856, à 58 fr. 82 c. l'une. . .	167,99	
Laitiers. Leur valeur est presque exclusivement due au transport.	2,00	
Main-d'œuvre.	27,00	
Entretien de l'usine. Contributions. Patente. 450 fr., savoir : frais de réparations, 200 fr. ; contributions et patente, 250 fr. pour un produit de 70 tonnes par année ; cela fait par tonne.	6,43	
Total du fond de roulement. . . .	415,42 ci	415,42
Intérêt du fond de roulement, à 6 p. 0/0 par an, pendant un an.		24,92
Intérêt du capital du premier établissement. On évalue à 12 fr. par tonne le prix de ferme d'une forge, par an ; ce qui, pour un produit de 70 tonnes, porte la valeur d'une telle forge à 17.800 fr.		12,00
Revient du fer.		452.34
Si la valeur du fer était de.		490,00
Le bénéfice serait par tonne de.		37,66

Or ce bénéfice n'est que de 8 p. o/o du prix de fabrication.

Nous n'avons pas compté de frais de surveillance et de bureau, parce qu'en général, les fermiers des petites forges surveillent eux-mêmes cette fabrication sans dépense de temps ni d'argent. Quand les petites forges sont situées auprès des hauts-fournaux, et font partie de grands établissements, les frais de surveillance sont compensés par l'économie dans les frais de transport de la fonte et ceux des scories douces de grosses forges.

De l'emploi de la ferraille.

Il est facile de voir qu'il y a peu d'avantage à fabriquer du fer par la méthode nivernaise avec de la fonte en gueuse. Aussi ce genre de fabrication est-il peu pratiqué. Généralement on fait de la fonte mazée avec de la fonte en gueuse, et à cette fonte mazée on ajoute pour l'affinage de la ferraille. La proportion de ferraille est en général de moitié et même des $\frac{3}{4}$ de la matière traitée dans le feu d'affinerie. Dans quelques petits foyers, on brûle même quelquefois de la ferraille seule sans fonte mazée. L'inconvénient de la ferraille est de rendre le fer dur, mais jamais le fer obtenu par l'affinage nivernais même avec de la fonte en gueuse n'est doux comme celui des grosses forges. Au lieu de coûter 170 fr. la tonne, la ferraille ne revient qu'à 150 ou 160 fr. la tonne. Ensuite il y a économie de combustible puisqu'on ne maze qu'une partie des matières qu'on passe au feu d'affinerie. Le prix de vente de ce fer est un peu moindre.

De la fabrication de l'acier.

Quant à la marche des opérations et à la consommation tant en combustible qu'en fonte, la fabrication de l'acier par la méthode nivernaise

diffère peu de celle du fer, le mazéage est le même. La disposition du foyer d'affinerie est aussi la même; seulement la tuyère est moins inclinée pour que la fonte en fusion soit moins exposée à l'action décarburante du vent. Le jet d'air va frapper le contrevent à peu près au milieu de sa hauteur. Les barres obtenues sont immédiatement trempées et divisées en barreaux fort courts, ce qui permet de faire le triage du bon acier, de l'acier ferreux, de l'acier dur et de l'acier mou. Quant au prix de revient, on choisit la fonte de meilleure qualité, et le prix de main-d'œuvre est de 2 fr. par tonne, supérieur à celui du fer. Le prix de vente de l'acier est en général supérieur de 40 fr. par tonne. Dans peu de forges de la Nièvre, on fabrique exclusivement de l'acier, sauf le fer obtenu occasionnellement dont la proportion peut ne pas être même le dixième de la quantité d'acier fabriqué. Dans plusieurs forges on obtient $\frac{2}{3}$ d'acier et $\frac{1}{3}$ de fer. Cette quantité de fer est obtenue soit pour consommer les gueuses de moins bonne qualité, soit pour satisfaire aux demandes des marchands.

Des avantages et des inconvénients de la méthode nivernaise.

D'après tout ce qui précède, les avantages et les inconvénients du mode d'affinage nivernais paraissent être les suivants :

Avantages :

1° Consommation très-faible en fonte ;

2° Petite dimension des échantillons de fer obtenu ;

3° Possibilité de tirer parti d'une force motrice peu considérable ;

4° Nécessité d'un faible capital de premier établissement ;

5° Faculté de brûler de la ferraille et de fabriquer de l'acier suivant les demandes du commerce.

Inconvénients :

1° Consommation très-considérable en combustible ;

2° Qualité dure et aciéreuse du fer obtenu ;

3° Faibles produits journaliers.

Les circonstances et les localités peuvent donc seules déterminer dans le choix que l'on doit faire entre ce procédé d'affinage et le procédé comtois. Toujours est-il que depuis 1802, des 96 petites forges qui existaient alors dans le département de la Nièvre, une trentaine environ ont été abandonnées et détruites. Quelques autres ont été transformées en grosses forges. Une des principales améliorations qu'on pourrait opérer dans les petites forges serait une meilleure construction des roues hydrauliques. On pourrait alors disposer d'une plus grande force motrice pour l'étirage du fer, et en diminuant la durée des chaudes, diminuer la consommation en combustible déjà si considérable par la nature même du procédé.

EXPLICATION DES FIGURES 2 A 7, DE LA PLANCHE II.

Fig. 2. Plan d'une petite forge nivernaise à deux feux.
a feu de mazerie; *b* feu d'affinerie; *c* marteau; *d* cylindres soufflants en fonte; *e* magasin de charbon.

Fig. 3 à 5. Disposition d'un feu.

Fig. 3. Elévation antérieure.

Fig. 4. Plan au niveau AB de *fig.* 3.

Fig. 5. Coupe verticale suivant CD de *fig.* 4.

Fig. 6. Pièce en fonte, dite chapelle, dans laquelle l'on fixe la tuyère à l'aide de cales en fer.
a vue de la pièce du côté du creuset; *b* vue postérieure; *c* plan de la pièce renversée.

Fig. 7. Plaque de chio. On y voit deux ouvertures pour l'écoulement des scories.

MÉMOIRE

Sur l'âge et la composition des terrains de transition de l'ouest de la France ;

Par M. DUFRÉNOY, Ingénieur en chef des mines.

Les terrains de transition présentent des divisions constantes, qui doivent les faire séparer en plusieurs formations distinctes, comparables aux divisions établies dans les terrains secondaires. Dans la notice que j'ai publiée de concert avec M. Elie de Beaumont, sur le Cornouailles, en 1825 (1), nous avions déjà émis cette opinion, et nous avions distingué trois groupes dans les terrains de transition du Cornouailles, du Devonshire et du pays de Galles.

Le plus ancien comprenait le killas. Les schistes noirs du Devonshire et le calcaire à trilobites de Dudley formaient le second; enfin le troisième était composé du vieux grès rouge et du calcaire de montagne.

La séparation des terrains de transition en plusieurs étages distincts que nous n'avions fait qu'entrevoir à cette époque, a été établie d'une manière certaine par M. Sedgwick. Ce savant professeur a fait voir que dans le Westmoreland la direction moyenne des couches schisteuses y court du N.-E. un peu E., au S.-O. un peu O.

M. Bunel a également montré, dans un travail fort intéressant qu'il a lu à la Société géologique de France, dans la séance qu'elle a tenue à Caen en septembre 1832, qu'il existait une discordance de stratification dans les terrains de transition de

---

(1) Voyage métallurgique en Angleterre. *Annales des mines*, 1re série, tome 9, page 835.

la Normandie, circonstance qui l'a conduit à diviser ces terrains en deux séries distinctes.

M. Elie de Beaumont a basé sur le même principe, observé en différentes parties de l'Europe, la classification des terrains de transition qu'il a présentée dans ses cours au commencement de l'année 1833 (1).

Plus tard M. Murchison (2), dans une étude détaillée du pays de Galles, a fait connaître la composition de chacun des groupes de cette contrée, et il a établi la succession des couches de ces différents terrains; il a donné le nom de *cambrien* au terrain de transition inférieur qui correspond au killas, et celui de *silurien* au calcaire de Dudley, désigné seul dans l'important ouvrage de M. Conybeare sous le nom de terrain de transition.

C'est à peu près à la même époque que par suite des explorations relatives à la carte géologique, j'étudiai les terrains de transition de l'ouest de la France. Je reconnus alors qu'il y avait des différences de stratification très-marquées entre ces terrains, et je les divisai en deux, sous les noms de supérieur et d'inférieur : les épreuves de la carte géologique de France, que M. Elie de Beaumont a montrées depuis 1833 dans ses cours, portent ces divisions, et j'ai communiqué en 1834 à la Société de géologie (3), les résultats principaux de

---

(1) Cette classification est rapportée dans la Géologie de M. d'Aubuisson, par M. Burat, pag. 217 et 258. M. Boué la cite également dans son Résumé sur les progrès des sciences géologiques en 1833. (Bulletin de la Société géologique de France, tom. 5, pag. 226.)

(2) *Proceedings of the geological Society of London*. Vol. 2, 1834.

(3) Bulletin de la Société géologique de France, vol. 6, pag. 238.

mes observations. Je les trouvai alors trop incomplètes pour les publier sous la forme d'un mémoire. Mon intention était de faire un nouveau voyage pour déterminer d'une manière précise la relation des différentes couches dont se composent les deux terrains de transition de cette contrée; depuis cette époque, j'en avais été constamment empêché. Cette année j'ai fait une courte excursion dans les environs d'Angers, qui m'a permis de combler quelques-unes des lacunes que présentaient mes notes, et comme dans ce moment plusieurs ingénieurs exécutent des cartes géologiques détaillées des départements du Finistère, du Morbihan, de la Loire-Inférieure et des Côtes-du-Nord, dont le sol est en grande partie formé par les terrains de transition, je crois utile de réunir dans un mémoire les observations principales qui m'ont conduit à admettre les deux divisions que j'ai adoptées pour ces terrains.

La distinction de ces deux terrains est très-difficile en Bretagne; cette difficulté tient à ce que les caractères en sont souvent voilés, par l'altération que les roches paraissent avoir éprouvée au contact des granites et des porphyres. Lorsque je parcourus, en 1828, ce pays avec M. de Billy, qui était alors attaché au travail de la carte géologique, nous n'y reconnûmes qu'une seule formation. Aussi dans le mémoire intéressant qu'il a publié sur les terrains de transition de la Bretagne, il n'a pu faire les subdivisions qui sont aujourd'hui admises. C'est l'observation de superpositions transgressives, que j'ai faite plus tard, dans le département de la Manche, qui m'a convaincu de la nécessité d'admettre une division dans ces terrains. L'étude des directions, à laquelle je n'avais pas attaché assez de prix avant le beau travail de

M. Elie de Beaumont sur l'âge des chaînes de montagnes, est venu confirmer cette distinction. Cette considération sert constamment de guide, pour établir ces divisions, quand on ne peut observer de superposition transgressive : il est donc nécessaire pour bien connaître ces formations de les étudier sur une grande échelle. Cette circonstance m'engage à comprendre dans ce travail la description, ou pour mieux dire l'esquisse des terrains de transition qui sont répandus avec tant d'abondance dans la Bretagne, le Cotentin et la partie de la Normandie connue sous le nom de Bocage normand.

Sujet de ce mémoire.

Ces provinces forment la vaste péninsule qui s'étend depuis l'embouchure de la Seine jusqu'au cap Finistère. Elle présente sur toute sa surface, une configuration physique si analogue, une identité de caractères géologiques si complète, que les observations faites en ses différents points se prêtent un mutuel appui ; leur ensemble permet d'établir des relations que souvent on ne peut saisir lorsqu'on en étudie seulement quelques localités. La disposition générale de cette contrée se lie d'une manière intime avec les deux époques que j'admets dans les terrains de transition ; en effet ces deux époques ont été séparées par une grande révolution que la Bretagne a éprouvée, et probablement par l'arrivée au jour d'une partie des granites qui la composent. Il me paraît en conséquence utile, de faire précéder la description des terrains de transition, par quelques lignes sur sa constitution physique, quoiqu'elle ait été si bien décrite dans un mémoire publié par M. Puillon Boblaye sur la configuration et la constitution géologiques de la Bretagne (1).

Constitution géologique de la Bretagne.

(1) Mémoires du Muséum d'histoire naturelle, tom. 15.

Le sol de cette contrée est presque exclusivement formé de terrains de transition et de roches anciennes; il y existe bien plusieurs petits bassins houillers et quelques plaques de terrains tertiaires, mais la surface que ces formations y occupent est si faible, qu'elles y sont pour ainsi dire inaperçues, malgré que la dernière ait cependant joué un rôle si important dans le relief général du pays, ainsi que je le dirai bientôt.

La Bretagne a été nivelée par une cause générale.

En effet, la péninsule ouest de la France, quoique montagneuse, n'offre cependant pas ces arêtes saillantes, ces pics isolés qui donnent aux contrées anciennes les formes sauvages et pittoresques que recherchent presque tous les voyageurs; les chaînes longues et étroites qui la sillonnent n'atteignent jamais qu'une faible hauteur, qui surpasse rarement 360 mètres. Elles forment à l'horizon des lignes droites sans dentelures, comme cela est habituel dans les pays dont les roches stratifiées ont éprouvé peu de dérangements. Il semble qu'une cause générale a nivelé ces montagnes, et l'existence, sur un grand nombre de sommités, des petites plaques de terrains tertiaires que j'ai signalées plus haut, vient appuyer cette présomption. Peut être aussi le relief de la Bretagne et de la Normandie a-t-il été en partie effacé par le temps, car les révolutions qui ont façonné ces deux provinces sont en grande partie antérieures au dépôt du grès bigarré; mais ces causes, tout en altérant profondément la physiononiie générale du pays, n'ont pu en détruire les traits principaux. L'étude de la direction des chaînes, qui courent généralement E. 10 à 15° N., O. 10 à 15° S., ainsi que celle des couches, nous dévoile bientôt qu'il a été sou-

Son relief est dû à trois révolutions principales.

mis à trois perturbations principales, dont l'influence s'est fait sentir sur toute son étendue.

La première est en rapport avec les granites à grains fins.

La première, dont la direction générale est E. 25° N., O. 25° S., a eu lieu au milieu du dépôt des terrains de transition : elle a été accompagnée de l'érection des granites à grains fins qui recouvrent toute la surface du département du Morbihan. Sa présence est constatée par la direction des échancrures qui existent sur la côte nord de la Bretagne, mais elle est souvent voilée par les dislocations postérieures qui ont plus tard affecté les couches de cette contrée.

La seconde est marquée par les porphyres quartzifères.

La seconde perturbation a marqué la fin des terrains de transition; elle est imprimée en caractères ineffaçables dans la direction de la chaîne des Montagnes-Noires et des buttes de Clecy qui courent sur plus de 30 lieues de longueur, depuis les environs d'Argentan, dans le département de l'Orne, jusqu'à Coutances, suivant une ligne E. 15° S., O. 15° N. C'est également à cette cause que l'on doit rapporter la forme de la côte méridionale de la Bretagne, dont le profil actuel, malgré les sinuosités profondes et multipliées qu'on y observe, se dirige en ligne droite depuis l'embouchure de la Loire jusqu'à la pointe de Raz, dans la direction E. 20° S., O. 20° N. Cette perturbation paraît en rapport avec les porphyres quartzifères qu'on rencontre en beaucoup de points de la Bretagne.

La troisième est liée avec les granites porphyroïdes

La troisième, plus moderne que les deux précédentes, mais dont les observations faites en Bretagne ne fixent pas complétement l'âge géologique, s'est propagée presque de l'est à l'ouest, tirant cependant de quelques degrés vers le sud. La forme générale de la côte Nord de la Bretagne se rattache à cette cause, qui a influé si

puissamment sur la configuration de cette contrée; elle se retrouve dans la direction de toutes les cimes granitiques du centre de la Bretagne, et elle est en rapport avec l'arrivée au jour des granites qui les composent.

Dislocation en rapport avec les amphibolites.

Outre ces trois grandes révolutions qui ont pour ainsi dire façonné le relief de la péninsule ouest de la France, on reconnaît sur beaucoup de points des directions N. S. qui paraissent se rattacher aux roches amphiboliques, ainsi que M. J. Desnoyers l'a indiqué. Les filons de plomb argentifère de Huelgoät, de Poullaouen et du Pontpéan paraissent en relation avec l'arrivée au jour de ces roches; du reste, je suis porté à croire qu'il y a des amphibolites de plusieurs âges, mais je ne les ai pas assez étudiées pour indiquer, ni leurs effets, ni les époques auxquelles elles se rattachent.

On verra sur la carte géologique de l'ouest de la France qu'il existe une relation entre le relief et la nature des roches. Les terrains granitiques et les terrains de transition n'y sont pas entremêlés d'une manière indistincte.

Disposition du granite en Bretagne.

Le granite et les roches qui y sont associées forment une ceinture autour de la Bretagne et constituent presque toutes les côtes, depuis Avranches jusqu'à l'embouchure de la Loire; ces roches forment en outre une large bande qui court E. O. depuis Alençon jusqu'à Brest, et partage la péninsule en deux parties très-distinctes sous le rapport de la nature du terrain.

Cette bande granitique constitue ainsi une suite de faîtes qui correspond à la ligne de partage des eaux; tous les ruisseaux qui coulent au Nord portent leurs eaux à la Manche, tandis que ceux qui prennent leur source sur le revers Sud sont

des affluents de la Loire ou des petites rivières qui se rendent dans l'Océan.

Différence entre les granites.

Le granite des côtes n'est pas le même que celui de la ligne de faîte; le premier est en général à grains fins, composé de feldspath blanc grisâtre et de mica bronzé, quelquefois noir; il contient beaucoup de couches subordonnées de gneiss, de mica-schiste, de granite et de gneiss talqueux. Le passage à la première de ces deux roches est si fréquent qu'il est presque impossible d'en tracer les limites. Aussi nous avons cru devoir, dans la carte géologique, désigner cette formation sous le double nom de granite et gneiss. Souvent même ce granite, sans présenter l'aspect rubanné qui caractérise le gneiss, est cependant schisteux, de sorte qu'il forme de véritables bancs. Presque tout le granite du Morbihan possède cette structure particulière, elle le rend d'un usage très-commode pour les constructions, parce qu'elle permet d'obtenir des pierres de taille de grandes dimensions. C'est dans cette formation de granite que l'on a trouvé les veines d'étain de Pyriac (1); il contient aussi plusieurs autres minéraux qui paraissent appartenir aux terrains les plus anciens du globe. Le gneiss et le mica-schiste associés à cette formation, sont très-souvent mélangés d'amphibole, de tourmaline et de grenats. L'amphibole est quelquefois si abondant que dans certains cas il remplace le mica; le gneiss passe alors d'une manière presque continue à des schistes amphiboliques contenant de nombreux cristaux de feldspath et même de quartz : ce sont alors des espèces de siénites schisteuses. Il est bien nécessaire de distinguer ces roches des amphibolites qui forment

Siénite.

(1) *Annales des mines*, 1re série, tome IV, page 24.

des îlots nombreux; elles n'appartiennent pas au même âge géologique, et le rôle qu'elles jouent dans la constitution du pays est très-différent. Les schistes amphiboliques ne se rattachent à aucune dislocation particulière, tandis que les mamelons d'amphibolite qui sont répandus avec une si grande profusion sur le sol de la Bretagne, ont toujours produit des dislocations partielles qu'il est facile de constater.

Granite porphyroïde.

Le granite qui constitue la longue bande qui sépare la Bretagne de la Normandie, contient fréquemment de gros cristaux de feldspath qui lui donnent une texture porphyroïde. Ces cristaux sont ordinairement d'un gris bleuâtre ou blanc, rarement roses, tandis que le feldspath qui forme la pâte de ce granite est rosé. Les caractères extérieurs de cette roche la distinguent parfaitement du granite plus ancien; mais la circonstance la plus essentielle est que ce granite est presque dépourvu de couches subordonnées et d'indices de stratification. On n'y observe pas le passage au gneiss, si fréquent dans le granite du Morbihan; son contact avec le terrain de transition est presque toujours, il est vrai, marqué par la présence de schistes micacés, mais tout porte à les considérer comme faisant partie du terrain de transition, qui a éprouvé des modifications par suite de l'arrivée au jour des granites; les schistes micacés de la baie de Saint-Malo et de Saint-Brieux, les schistes maclifères des forges des Salles, et ceux à staurotides de Caray, me paraissent le résultat de cette action.

Roches associées au granite porphyroïde.

Le granite porphyroïde est associé à des pegmatites et à des leptinites; les pegmatites de la baie de Saint-Brieux, celles qui forment le grand

plateau au nord de Château-Laudren (à Lanvollon, Penmerit, etc.), appartiennent à cette formation. Je crois également que la plupart des siénites de la Bretagne sont liées avec les granites porphyroïdes. C'est à cette époque que me paraissent être arrivées au jour, les siénites du cap de la Hague près Cherbourg, de Coutances, de la pointe d'Erqui, de Lanmeur, etc., ainsi que les granites à gros cristaux de feldspath rose qui se montrent sur plusieurs points de la Bretagne, notamment à la rivière de l'Aber, près de la pointe du Finistère.

L'âge des granites est en rapport avec leur nature.

La différence de nature que je viens de signaler entre les granites de la côte et ceux du centre de la Bretagne, se rattache à leur différence d'âge. Les granites à gros cristaux paraissent être partout les plus modernes : ils pénètrent constamment dans les granites à grains fins. Près de Montallot, entre Tréguier et Guingamp, cette circonstance est très-prononcée, et l'on voit de nombreux filons de granite porphyroïde pénétrer dans le granite à grains fins et à mica noir. Cette disposition est encore plus marquée quand ce dernier granite est associé à du gneiss, comme à Ploudaniel près Lesneven, à l'extrémité de la pointe de Brest. Dans cette localité les feuillets de gneiss sont coupés transversalement par le granite rose, et l'on ne peut alors attribuer à un simple changement dans l'état cristallin de la roche la différence de texture que l'on y observe; fréquemment en outre, comme dans la rade de Brest, le granite porphyroïde contient des fragments anguleux de gneiss; cette circonstance montre avec la dernière évidence la postériorité de ce granite sur celui qui contient des couches schisteuses subordonnées. Il paraît même être plus moderne que les terrains

houillers : en effet les couches de houille du bassin de Quimper, ont été fortement tourmentées par l'arrivée au jour de la pegmatite qui forme le monticule sur lequel est établie la promenade de Quimper, laquelle est associée avec le granite à grands cristaux.

Les deux variétés de granite que je viens d'indiquer ne sont pas les seules que l'on trouve en Bretagne. Néanmoins elles constituent presque entièrement le groupe des roches feldspatiques. Les autres appartiennent à l'un ou l'autre de ces deux âges, caractérisés l'un par le passage intime du granite au gneiss, et l'autre au contraire par l'absence de roches schisteuses.

Des porphyres quartzifères.

Il existe cependant une classe de roches feldspatiques particulières qui n'appartient à aucun des deux systèmes précédents. Ce sont les eurites ou pétrosilex, tantôt purs, tantôt mélangés de cristaux de quartz, et que, par cette raison, je désignerai sous le nom de *Porphyre quartzifère*, quoique dans beaucoup de circonstances cette roche ne possède pas la texture porphyrique : près d'Huelgoät c'est une roche compacte d'un gris clair, à cassure esquilleuse, contenant des cristaux de quartz gris terminés des deux côtés. Elle se présente encore avec ces caractères dans les environs de Poullaouen, de Gourin et de Rennes. Dans cette dernière localité, elle a été souvent confondue avec le granite, mais l'absence de mica ne laisse aucun doute sur sa nature. Les trois buttes, que l'on voit saillir près de Rochefort, au milieu des alluvions de la Loire, dépendent encore de ces porphyres, quoiqu'elles renferment une certaine quantité de talc qui pourrait les faire regarder comme granitiques. Souvent ces porphyres se présentent sous forme d'une argile endurcie

veinée de différentes couleurs. Ils affectent une disposition fendillée qu'on pourrait, dans certains cas, prendre pour une stratification; mais le plus ordinairement on y distingue simplement une structure prismatique. Le plus léger examen suffit pour prouver que cette disposition est due au retrait que la roche a éprouvé en se refroidissant. Dans les carrières ouvertes à Champtocé pour l'empierrement de la route de Nantes à Paris, la structure prismatique est très-prononcée. Le porphyre y est pour ainsi dire réduit à sa pâte; il ne contient pas de cristaux de quartz, est homogène et présente une cassure esquilleuse. Ce porphyre est fendillé dans tous les sens, ce qui permet très-difficilement d'en faire des échantillons.

Les amygdaloïdes que l'on trouve sur quelques points de la Bretagne, sont constamment associées au porphyre quartzifère. Ces roches me paraissent en général être le résultat de l'altération de quelques couches du terrain de transition par l'action des porphyres. Telle est du moins l'opinion que m'a fait naître l'étude des amygdaloïdes et des porphyres de Saint-Georges-sur-Loire et de la baie de Paimpol. J'en développerai les raisons en parlant des roches intercalées dans le terrain de transition.

Age des porphyres quartzifères.

Les couches des terrains de transition dont la direction est E. 15° S., O. 15° N., me paraissent avoir été accidentées par l'arrivée au jour de ces porphyres. La direction générale des filons de porphyre quartzifère, ainsi que l'alignement des buttes formées de cette roche suivant cet aire de la boussole, sont autant de faits qui viennent à l'appui de cette opinion. La relation des terrains houillers et de ces porphyres en fournit une preuve positive; en effet, ces roches quartzifères sont plus

anciennes que les terrains houillers et plus modernes que les terrains de transition, ainsi qu'il résulte des observations faites dans la mine de Litry. Car les poudingues, qui existent dans la partie inférieure du bassin houiller de Litry, contiennent de nombreux galets de roches euritiques en tout semblables à celles des environs de Nantes. De plus, l'approfondissement du puits Carnet dans cette mine nous apprend que le terrain houiller repose en stratification discordante sur une roche feldspathique de même nature que la roche qui forme des galets dans le poudingue, et que l'on doit rapporter au porphyre quartzifère des bords de la Loire. M. Hérault (1), auquel nous devons cette observation importante, m'a également montré cette différence de stratification au coteau de Montmirel distant d'une demi-lieue de Litry; il en résulte que ces porphyres ont été soulevés antérieurement au dépôt du terrain houiller. Quant à leur postériorité au terrain de transition, on en trouve à chaque pas des preuves en Bretagne. Les plus saillantes sont celles fournies par les rejets qu'éprouvent les couches d'anthracite des bords de la Loire, qui appartiennent, ainsi que je le montrerai plus tard, au terrain de transition. Ces rejets ont en effet presque toujours été marqués par des collines de porphyre, qui dominent le pays; ils fournissent au géologue autant de jalons qui le guident dans la recherche de ces couches de combustible.

Les porphyres quartzifères ont donc paru à une époque intermédiaire aux deux formations de gra-

---

(1) Supplément au mémoire sur les terrains du département du Calvados, *Annales des mines*, 2 série, tom. 3, pag. 361.

nite ; plus modernes que les granites du Morbihan, ils sont au contraire plus anciens que les granites porphyroïdes qui ont affecté les terrains houillers. Le relief de la côte méridionale de la Bretagne, la direction de quelques chaînes qui courent de l'E. 15° S. à l'O. 15° N. seraient de l'époque de ces porphyres, tandis que les grandes rides E. 10° N., O. 10° S. (1) qui traversent la Bretagne de part en part seraient beaucoup plus modernes et auraient été produites par le soulèvement des granites à grands cristaux.

Filons de granite dans le terrain de transition.

Les dislocations constantes du terrain de transition à l'approche des granites, l'altération dans les caractères de ce premier terrain, la relation qui existe entre ces dislocations et la direction des cimes granitiques, sont autant de raisons qui font présumer que le granite est arrivé à la surface postérieurement au dépôt des terrains de transition. Les filons de granite qui traversent le terrain en sont des preuves matérielles. M. Hérault a cité depuis longtemps les filons de granite et de pegmatite qui à Vire coupent les strates du gneiss et du schiste micacé.

Au cap Rozel.

Le cap Rozel, situé à trois lieues nord de Barneville, sur la côte ouest du département de la Manche, en fournit un exemple très-marqué; les roches granitoïdes y forment trois filons (*Pl. III, fig.* 6) qui coupent transversalement les couches du schiste de transition, sur plus de trois cents pas de longueur. On les voit même se prolonger dans la mer, et il est probable qu'à l'époque des grandes marées on peut les étudier sur une étendue beaucoup plus considérable.

(1) Si on prend cette direction sur la carte géologique de la France, on trouvera seulement E. 4° N., O. 4° S. Cette différence tient à la projection adoptée par Cassini.

L'un des filons, qui peut avoir vingt pieds de puissance, est composé d'un granite rose contenant beaucoup de parties verdâtres analogues à de la serpentine. Ce granite ne présente pas les caractères de celui qui est exploité plus au nord, au cap de Flamanville, mais il se retrouve dans plusieurs points de la Bretagne. Le schiste qui est généralement fissile sur la côte du Cotentin, est très-dur au cap Rozel; il se divise en fragments pseudo-réguliers, à peu près comme les quartz compactes des Alpes. Néanmoins on reconnaît encore dans ces fragments la structure schisteuse de la roche; elle contient des cristaux d'amphibole, et elle est comme maculée de petites taches prismatiques plus claires au centre, qui ont beaucoup d'analogie avec des macles.

Cette disposition particulière du schiste, au contact du granite du cap Rozel, se retrouve presque constamment dans tous les schistes placés à la limite des terrains anciens et des terrains de transition. Cette limite est ordinairement marquée par une zône de schiste micacé maclifère fort peu épaisse, et sur l'âge de laquelle on est toujours embarrassé : on l'a rangée pendant bien longtemps parmi les roches primitives. L'état cristallin de cette roche, les minéraux variés qu'elle contient, devaient naturellement la faire supposer produite par la voie ignée. Mais sa constance au contact des deux terrains, son peu d'épaisseur, son passage à des grauwackes schisteuses, et surtout son existence dans le prolongement des couches schisteuses, comme je viens de l'indiquer, au cap Rozel, me l'ont depuis longtemps fait considérer comme le produit d'une modification du terrain de transition. C'est sous ce nom que je l'ai coloriée depuis plus de huit ans dans la carte géologique

de la France qui a été exposée au cours de géologie de l'Ecole des mines. M. Boblaye a trouvé, depuis la rédaction de ce mémoire, des coquilles fossiles au milieu de ce schiste maclifère : cette découverte importante (1) prouve d'une manière certaine le métamorphisme que j'avais établi par de simples considérations géologiques.

Du terrain de transition.

L'analogie que l'on observe entre les couches des terrains de craie qui forment les escarpements qui bordent la Manche entre Douvres et Calais, se reproduit pour les terrains de transition, de sorte qu'on peut sur une carte géologique tracer le prolongement de ces différentes formations en France et en Angleterre. Les divisions principales sont les mêmes, seulement il existe quelques différences pour certaines couches qui forment pour ainsi dire de vastes amandes, et ne se reproduisent pas sur de grandes longueurs. Les bases principales du travail intéressant, que M. Murchison a fait sur les terrains de transition du pays de Galles, étant généralement admises, j'adopterai les noms qu'il a proposés. Je désignerai par conséquent sous le nom de *Cambrien* le groupe le plus inférieur des terrains de transition de Bretagne, et je donnerai celui de *Silurien* au terrain de transition qui le recouvre. La troisième assise de ces formations, qui comprend le vieux grès rouge, le calcaire carbonifère et le terrain houiller, n'est représentée en Bretagne que par quelques lambeaux houillers sans importance, tandis que dans le pays de Galles il recouvre une assez grande surface.

Division des terrains de transition.

(1) Compte rendu de l'Académie des sciences, 1er semestre, 1838, pag. 186.

Le granite rose à grands cristaux que j'ai signalé comme formant une bande qui court est-ouest et divise la péninsule ouest en deux parties, a pour ainsi dire posé la limite entre les deux groupes de terrain de transition. Arrivé au jour après le dépôt de ce terrain, il a soulevé principalement son extrémité nord, et il y a fait sortir le terrain cambrien, tandis que la partie sud, qui a peu ressenti ce mouvement, est presque exclusivement composée du terrain silurien; il résulte de cette disposition que c'est principalement dans la partie nord, c'est-à-dire dans le Cotentin et la Normandie, qu'on doit rechercher les superpositions transgressives qui fournissent des preuves directes de l'existence des deux terrains de transition; effectivement la plupart des vallées y sont ouvertes dans le schiste inférieur, tandis que beaucoup de sommités sont au contraire surmontées par le grès qui forme la base du système silurien; les buttes de Clécy, que j'ai déjà eu l'occasion de citer, fournissent sur toute leur longueur des exemples frappants de superposition transgressive (*Pl. III, fig.* 2 et 3); on en trouve aussi de très-marqués dans les environs de Cherbourg et de Mortain. Il est au contraire très-rare d'en observer dans la partie sud du bassin occupé par le terrain de transition; de plus, dans cette partie de la Bretagne, la ligne de contact des deux groupes se trouve en général peu distante de la bande de granite. Il en résulte que les modifications qu'ils ont éprouvées leur ont souvent donné des caractères analogues, qui ne permettent que difficilement de les distinguer. Cette proximité des granites est également cause que les directions des couches qui fournissent généralement un guide si sûr en

Position relative des terrains de transition.

Normandie, sont fréquemment en faute dans la Bretagne. Cependant, elles donnent encore souvent le moyen de distinguer les terrains. Dans la carte géologique de la France, j'ai essayé de faire la distinction des deux terrains sur toute la surface de la Bretagne ; je regarde comme à peu près exactes, les limites que j'en ai tracées pour les terrains au nord de la bande granitique ; quant à celles du centre de la Bretagne et des montagnes d'Arrée, je ne possède que peu de données positives pour les marquer ; les directions de couches quelquefois incertaines, et les analogies de roches ont été mes seuls guides.

Composition du terrain cambrien.

Le *terrain cambrien*, dont la direction générale des couches est E. 25° N., O. 25° S., se compose principalement de roches schisteuses d'un noir bleuâtre, fréquemment satinées et passant au schiste talqueux. Elles sont associées à du grès à grains fins et à des grauwackes schisteuses. Ces dernières roches sont d'un gris jaunâtre, tantôt violacées, maculées de parties plus claires et passant à des masses argilo-schisteuses un peu endurcies et de la même couleur. Les schistes coticulaires des environs de Saint-Lô et de Caen, appartiennent à cette formation. Les grès n'ont jamais qu'une faible épaisseur ; ils sont toujours entremêlés de schiste, de sorte qu'il est facile d'avoir des échantillons qui contiennent les deux roches réunies. La cassure des grès est à la fois esquilleuse et schisteuse. Il y a peu de calcaire dans le système cambrien : le calcaire de Cartravers près de Pontivy me paraît cependant se rapporter à cet étage du terrain de transition.

Roches du terrain silurien.

Le *terrain silurien* est beaucoup moins accidenté que le cambrien ; l'inclinaison de ses cou-

ches est rarement supérieure à 40°, souvent même elle ne dépasse pas 15 à 20° : comme dans les buttes de Clécy. La direction générale de ce terrain est E. 15° S., O. 15° N. Dans beaucoup de circonstances elle se rapproche de la ligne E.-O. Les roches principales qui le composent sont des poudingues à galets de quartz hyalin blanc, de quartz hyalin rose et violet, et de quartz noir, reliés en général par un ciment siliceux, quelquefois cependant par un ciment talqueux. Ce poudingue forme la couche la plus inférieure de ce groupe des terrains de transition; les divisions de ces terrains sont donc marquées, comme pour les terrains secondaires, par le dépôt de roches arénacées, circonstance naturelle et en rapport avec les causes qui ont apporté une solution de continuité dans l'échelle des formations géologiques.

Poudingue à la base du terrain silurien.

Immédiatement au-dessus du poudingue succèdent des grès blancs, siliceux, à grains fins et à cassure souvent esquilleuse. Les grains de quartz hyalin qui les composent sont si ténus et leur adhérence à la pâte siliceuse est tellement complète, que beaucoup de géologues ont regardé cette roche comme formée par cristallisation et lui ont donné le nom de quartzite. Mais le passage de couches éminemment arénacées, avec celles dont la structure pourrait laisser quelque doute, est si fréquent, qu'il est certain que tous les quartzites de la Bretagne doivent être rapportés au grès que je décris dans ce moment. En outre on trouve indifféremment des fossiles dans toutes les couches; il en est surtout un, auquel je ne saurais donner de nom, qui se retrouve avec une fréquence vraiment remarquable. Il se présente sous la forme de tiges cylindroïdes un peu cannelées, avec des

Des grès ou quartzites.

espèces de nœuds de distance en distance; ces tiges sont placées presque toujours perpendiculairement à la direction des couches, c'est-à-dire dans une position inverse à celle qu'auraient dû prendre des corps chariés par les eaux; il faut donc qu'ils appartiennent ou à des coraux qui ont vécu sur la place même où on les observe actuellement, ou à des plantes qui ont végété en même temps que le grès se déposait. On peut supposer encore, que ces tiges appartenaient à d'anciens tubes creusés par des coquilles lithophages, et que les stries transversales qu'ils portent sont les traces des valves de ces fossiles.

Ces grès forment une série de couches assez puissantes, mais en général peu épaisses; elles sont séparées les unes des autres par des lits minces d'argile blanche ou jaune. Ces grès sont fréquemment micacés; quelques couches ont peu d'adhérence et se désagrègent sous forme de sable. C'est la roche la plus constante du terrain silurien, c'est aussi la plus importante parce qu'elle fournit un horizon géognostique précieux, pour la classification des terrains de transition de la Bretagne. Le grès forme la plupart des cimes saillantes du terrain de transition. Les buttes de Clécy, dans le département de la Manche, en sont couronnées; les petites chaînes que l'on traverse en allant de Rennes à Nantes, les Montagnes-Noires situées au sud du département du Finistère, sont composées de cette même roche.

Le grès forme le sommet des coteaux.

La position constante du grès au sommet des coteaux donne au premier abord des doutes sur sa place dans le terrain silurien; quelques géologues le regardent comme assez élevé dans la série, mais plusieurs coupes que je donnerai bientôt feront voir qu'il occupe véritablement la place que je lui assi-

gne. Sa dureté, comparée au peu de résistance des autres roches du terrain de transition, explique suffisamment pourquoi la plupart des coteaux sont composés de grès; il est remarquable que cette disposition se retrouve en Belgique. Cette loi générale serait extraordinaire si elle n'était en rapport avec la nature même de la roche, car il serait impossible qu'elle fût le résultat seul de la superposition des couches, lesquelles ont éprouvé tant de dislocations depuis leur dépôt. Elle se lie du reste avec une circonstance particulière qui vient à l'appui de l'explication précédente, c'est que les schistes plongent ordinairement en sens différents sur les deux pentes des collines de grès, d'où il résulte que chaque série de collines représente autant de rides du terrain de transition.

Des schistes noirs

Des schistes noirs, bleuâtres, recouvrent le grès; c'est à cette assise du terrain silurien que je rapporte les ardoises d'Angers, et en général les schistes tégulaires susceptibles d'être exploités. Il existe cependant quelques carrières ouvertes dans le schiste du terrain cambrien, mais les ardoises en sont toujours épaisses, et ne servent qu'à des usages locaux; telles sont celles de la Nozay et de Biia près Redon, sur les bords de la Vilaine. Le schiste auquel elles appartiennent est en général talqueux et beaucoup plus lustré que le schiste tégulaire du système silurien. C'est à cet étage qu'existent les couches d'ampélite qui sont quelquefois très-nombreuses.

Au-dessus des schistes on retrouve de nouvelles couches de grès, mais elles sont en général beaucoup moins épaisses que celles qui forment la base de ce groupe de terrain de transition.

Les schistes reprennent : ils sont indistinctement d'un noir bleuâtre, verts, ou lie de vin; il

est rare qu'on exploite des ardoises dans cette seconde série schisteuse; dans tous les cas elles sont mauvaises et se décomposent facilement. La seconde série de couches de grès quartzeux manque la plupart du temps. Ces schistes tendres forment la partie supérieure du système ardoisier; c'est au milieu de cette assise qu'existe le calcaire à spirifers exploité sur les bords de la Loire, depuis Angers jusqu'au delà de Mont-Jean. Ces calcaires contiennent aussi fréquemment des trilobites.

Calcaire.

Des grauwackes.

La plupart des grauwackes schisteuses, verdâtres et violettes, si abondantes dans le système silurien, dépendent de ces schistes; elles alternent avec eux d'une manière indistincte. Dans la coupe entre Rennes et Nantes, que je décrirai par la suite, on voit constamment ces deux roches passer de l'une à l'autre. C'est aussi à cette hauteur que se trouvent certains grès avec beaucoup d'empreintes de coquilles.

Anthracite.

Le système des couches d'anthracite des bords de la Loire vient après; il fait partie du terrain silurien, dont il forme constamment l'étage supérieur; il constitue cependant un système à part, en ce sens, qu'il présente un retour de couches de roches arénacées; il se compose de poudingues, contenant beaucoup de galets de phanite (ou quartz noir), de grès et de grauwacke à grains fins, et d'un calcaire contenant des amplexus.

Le terrain silurien présente encore plusieurs autres roches, mais elles sont étrangères et paraissent y avoir été introduites.

Les couches que je viens d'indiquer ont à peu près leurs correspondantes dans le pays de Galles et en Belgique. Je montrerai cette analogie à la suite de la description du terrain silurien.

Terrain cambrien.

Les couches inférieures du terrain cambrien sont partout en contact avec le granite; il en résulte que ces couches ont éprouvé des altérations qui en voilent les caractères; souvent même on est embarrassé pour tracer la limite entre les roches anciennes et les couches de transition. Presque toujours ces couches inférieures sont à l'état de schiste micacé ou de schiste talqueux : elles contiennent alors fréquemment des macles et des staurotides. Les macles y sont surtout habituelles; elles sont quelquefois en cristaux parfaits, mais le plus ordinairement elles ne sont représentées que par des nœuds cristallins dont la forme est anguleuse, et souvent même par de simples taches qui donnent au schiste un aspect maculé très-remarquable. Cette disposition n'est pas au reste particulière au terrain cambrien : elle se retrouve dans les couches schisteuses du terrain silurien lorsqu'il est en contact avec le granite, et sous ce rapport les roches altérées des deux systèmes sont identiques; néanmoins les altérations sont plus évidentes pour le terrain silurien, attendu qu'on observe même le passage de certaines grauwackes à des roches cristallines.

Le terrain cambrien commence donc presque toujours par des schistes micacés ou des schistes talqueux. Quand cette formation n'est pas très-épaisse, ces roches forment presque à elles seules, tout ce terrain, qui présente partout une grande uniformité, ainsi qu'on le verra par quelques exemples que je vais donner.

La rade de Cherbourg est creusée dans une dépression du terrain cambrien; elle est défendue **Environs de Cherbourg.**

par deux pointes avancées de roches anciennes sur lesquelles sont élevés les phares de Barfleur et de la Hague. La pointe E. est composée de granite à gros grains, qui s'étend depuis l'île Tatihou jusqu'à Saint-Pierre-Église, tandis que le cap de la Hague, qui forme l'extrémité ouest de cette sentinelle avancée de la Manche, est siénitique; ces deux roches, quoique différentes, appartiennent à la même formation de roches feldspathiques. Le granite se fait encore jour près du port de Cherbourg, entre le fort Saint-Anne et la haute mer; il y constitue des filons qui traversent le terrain de transition. Le terrain cambrien de Cherbourg est donc resserré entre deux promontoires de roches cristallines, aussi les caractères de ce terrain sont complétement altérés, mais on voit néanmoins qu'il ne se compose que de roches schisteuses.

A partir d'Omonville, situé près de la limite de la siénite du cap de la Hague, le schiste est talqueux; il contient de petits cristaux d'amphibole disposés parallèlement aux feuillets, comme cela est si fréquent dans les schistes des Alpes. Les couches de ce schiste plongent N. 20° O. et se dirigent E. 20° N., direction fort rapprochée de celle propre au terrain cambrien. Tout l'espace compris entre Omonville et Cherbourg est formé par le même schiste, seulement les cristaux d'amphibole ne se prolongent pas très-loin au delà de la limite des siénites. Le schiste talqueux, appelé stéaschiste par M. Hérault, contient fréquemment des noyaux de quartz autour desquels les feuillets se contournent, mais le plus ordinairement cette roche est homogène. A Équerdreville on exploite de grandes carrières de ce stéaschiste sans nodules

Stéaschiste avec nodules et filons de quartz.

qui fournissent de belles pierres de tailles employées dans la construction du port militaire. La direction des couches dans ces carrières est E. 18° N. avec un plongement de 75° vers le N. Outre ces deux roches, il existe encore près de Cherbourg, au pied de la montagne du Roule, un schiste noir très-dur se divisant en plaques épaisses, qui appartient à ce terrain de transition. Cette roche a été désignée sous le nom de trapp par M. Duhamel (1), et de trapp feuilleté par M. Hérault. C'est un schiste qui probablement a perdu ses caractères par la présence des roches feldspathiques qui se trouvent à une très-petite distance. On ne peut donc considérer cette roche comme produite elle-même par la voie ignée; elle est schisteuse, et ses strates sont à peu près parallèles au stéaschiste; je dois dire que dans ce point les directions de couches sont incertaines, et cette considération ne suffirait pas pour distinguer les deux terrains de transition qui forment la montagne du Roule.

Grauwacke associée au schiste.

La vallée de la Divette, qui aboutit à Cherbourg, la plupart des affluents de cette rivière, ainsi que la vallée de Saire, qui prend sa source près du Ménil-au-Val, à deux lieues E. de Cherbourg, sont ouvertes sur une grande partie de leur longueur dans le terrain cambrien. Dans cette dernière vallée, les caractères de ce terrain ne sont plus les mêmes qu'à Cherbourg; les roches n'y ont point éprouvé d'altération; ce sont des grauwackes schisteuses micacées à grains très-fins, et des schistes argileux tendres d'un vert jaunâtre.

---

(1) Essai sur la lithologie du département de la Manche. *Journal des mines*, tome IX, page 52.

Ces deux roches passent l'une à l'autre par degrés insensibles, cependant la grauwacke forme les couches inférieures de tout le système. La direction moyenne des couches se rapproche beaucoup de celle qui distingue le système cambrien.

A Pont-Conar, demi-lieue S. de Cherbourg, les couches plongent au N. et se dirigent E. 18° N. A Grand-Camp elles forment un pli, de sorte que le plongement est S. et la direction E. 16° N. A Teurteville, elles plongent de nouveau de 50° vers le N. 18° O. A Quetehou, la direction est encore E. 15° N. J'ai trouvé des anomalies à cette orientation, mais cependant elle est générale; cette circonstance jointe à la superposition directe des grès sur les schistes, que l'on observe au hameau de la Glacerie, sur le revers E. de la montagne du Roule, m'a conduit à ranger tous ces schistes dans le terrain de transition inférieur, malgré les différences qu'ils présentent avec le schiste stéatiteux de Cherbourg.

Schiste de Saint-Lô.

Les environs de Saint-Lô nous fournissent dans toutes les directions des coupes du terrain cambrien. La Vire y coule dans une fente profonde qui traverse ce terrain sur une grande longueur. Ces coupes, presque toutes identiques, nous montrent de nouveau, que les roches schisteuses sont presque les seules qui composent cette partie inférieure des terrains de transition.

De Saint-Lô à Balleroy on marche dans le sens de la direction des couches, et l'on est toujours sur un schiste bleu satiné, très-fissile, exploité dans plusieurs endroits pour ardoises grossières. Les couches plongent à Saint-Lô de 70° au S. 17° E.; à Balleroy de 75° S. 15° E.

Si de Saint-Lô on se dirige vers Periers, situé à

l'ouest de la première de ces villes on suit encore les couches dans leur prolongement; mais comme on approche des siénites qui forment un massif considérable depuis Coutances jusqu'à Periers, le schiste bleu passe au schiste talqueux verdâtre, avec des aiguilles d'amphibole. Près de Marigny, dans les carrières ouvertes au point où la Taute coupe la grande route, ce schiste est bleuâtre et fissile; il est mélangé de veines de quartz noir schisteux disposées parallèlement aux feuillets; il est en outre souvent pénétré de petits filons de quartz blanc qui traversent à la fois les parties schisteuses et le quartz noir; cette disposition particulière donne au terrain une grande analogie avec celui des Pyrénées, qui appartient également à la partie inférieure des terrains de transition. On ne retrouve pas les filonset les veines de quartz noir dans le terrain silurien, il contient au contraire une grande quantité de galets de quartz noir provenant probablement de la destruction des veines que je viens d'indiquer dans le terrain cambrien.

Succession des couches de St-Lô à Periers.

Dans les carrières de Marigny les couches se dirigent E. 18° N. et plongent de 70° vers le sud. Plus de quinze directions que j'ai marquées sur la carte entre ces carrières et Saint-Lô, m'ont donné des résultats qui sont tous compris entre 15 et 20°. Seulement les plongements sont fréquement en sens inverse, de sorte que le terrain est plissé dans cet intervalle. Au contact de la masse de siénite, à une demi-lieue au N. de Marigny, les directions du terrain cambrien sont toutes altérées; cependant la moyenne de mes observations tendrait à les regarder comme se rapprochant de la ligne E. O. tirant un peu vers le N. Ce contact est également marqué par des épanchements de filons de siénite qui traversent les

couches de schiste talqueux avec nodules de quartz. Au reste il n'y a aucun passage entre ces deux terrains, tandis qu'il en existe au contraire un continu entre les schistes talqueux de Marigny et le schiste bleu luisant de Saint-Lô.

Couches au N. de Saint-Lô.

Les excursions au nord et au sud de Saint-Lô coupent les couches transversalement et font connaître le terrain cambrien de cette partie de la Normandie sur une grande partie de son épaisseur. Au Nord on ne rencontre presque que des schistes bleus, jusqu'aux environs de Litry où le terrain est recouvert à la fois par le terrain houiller et le grès silurien. Au milieu de ces schistes, il existe au Queney des bancs de calcaire schisteux noir très-cristallin, qui se prolongent sur une assez grande longueur; on en exploite de semblable à la Roque-Hue et à la Pegolterie. La disposition schisteuse de ce calcaire lui donne des caractères tout à fait différents du calcaire du terrain silurien; il est au contraire complétement identique avec le calcaire de Cartravers près de Pontivy qui se rapporte à la même formation; il contient comme ce dernier quelques entroques. J'y ai cherché vainement d'autres fossiles. La direction du calcaire est O. 18° S. : il plonge au sud. Toutes les côtes depuis Saint-Lô présentent cette orientation propre au terrain cambrien, mais les plongements varient beaucoup; il en résulte que la grande épaisseur que ce terrain paraît avoir n'est qu'apparente, et qu'elle est le résultat de plis qui se succèdent dans un sens transversal à la direction des plis. Le plongement des couches, rarement moindre de 60° et qui atteint presque toujours 75°, montre que ces plis sont brusques et que le terrain a été fortement comprimé dans le sens de son épaisseur.

Calcaire dans le schiste.

Le plissement de ces schistes, qui sont comme gauffrés, conduit à la même conclusion.

Couches entre St-Lô et Vire.

Au midi de Saint-Lô le terrain cambrien se prolonge jusqu'à Vire, où il s'appuie sur la chaîne de granite qui sépare la Normandie de la Bretagne. Dans cette direction on recoupe les couches transversalement; cette coupe présente un grand intérêt (*Pl. III, fig.* 1 et 2) parce qu'elle fournit l'occasion d'observer la superposition immédiate du terrain silurien sur le cambrien. Au sortir de Saint-Lô on trouve les schistes bleus qui forment tous les environs; mais à Thorigny, bourg situé à deux lieues de cette ville, le schiste est gris verdâtre; il alterne avec des couches de grauwacke grise, schisteuse, un peu micacée, à grains très-fins. Dans les carrières exploitées près de l'étang et sur la route même, les couches plongent au sud-est et se dirigent N. E., S. O.; plus au sud, à Gieville, la structure schisteuse devient moins parfaite, la roche moins dure passe à une argile endurcie qui se divise mal. Néanmoins la stratification nous apprend que l'on est dans la même formation qui disparaît pour quelques instants sous le terrain supérieur; en effet, aussitôt qu'on a passé le petit ruisseau en avant de la montée de Guiberville, on trouve un grès rougeâtre siliceux formant de petites couches associées avec un poudingue contenant des galets de quartz reliés par une argile ferrugineuse. Ce grès contient en outre quelques parties blanches feldspathiques. La route redescend pendant quelques instants vers un affluent de la Vire dans lequel le schiste reparaît. Bientôt après, le poudingue forme de nouveau une couche peu épaisse, puis on retrouve le grès rougeâtre siliceux dont les strates ont au plus trois ou quatre pouces de puissance.

Superposition du grès silurien sur le schiste cambrien.

Enfin au sommet de la côte il existe, au champ du Guet, des exploitations de grès blanc siliceux pour l'entretien de la route. Ce grès forme des couches de douze à quinze pouces de puissance; cependant le grain en est en général très-fin, mais discernable; il contient quelques galets quartzeux. Des petites couches d'argile et d'autres de sable incohérent séparent les couches de grès solide. Près de Guiberville, le grès rougeâtre plonge de 12° au N. 18° E. Dans les carrières du champ du Guet, les couches inclinent de 22° au N. 12° E. Les débris de grès empêchent de voir le contact immédiat avec le schiste, mais toutes les circonstances montrent qu'il repose dessus en stratification transgressive. Tels sont le changement de terrain, ainsi que la différence qui existe dans la direction et l'inclinaison des couches; les grès occupent tout le sommet de la côte, et se prolongent jusqu'aux deux tiers de la descente qui regarde Vire. Campeaux, Sainte-Marie-l'Aumont et Étauvy sont encore sur ce terrain, mais aussitôt qu'on descend sur le bord de la Vire, le schiste reparaît. Près du pont de la Graverie, il existe des carrières de schiste bleuâtre satiné, alternant avec de la grauwacke schisteuse à grains fins, dans lesquelles les couches plongent de 80° N. 18° O., direction habituelle au terrain de transition ancien; les schistes se prolongent jusqu'à Vire, mais ils deviennent cristallins à mesure qu'ils s'approchent du massif granitique qui forme les montagnes de Vire, et près de la ville il passe au schiste micacé maclifère. La route de Vire à Caen offre une répétition exacte de la coupe que je viens d'indiquer, ce qui du reste était facile à prévoir, puisque, d'après la direction

Passage du schiste bleu au schiste maclifère.

des couches, on doit recouper celles qui se trouvent entre Vire et Saint-Lô. Ainsi de Vire jusque près de Beaulieu (*Pl. III, fig.* 2), on marche constamment sur le schiste orienté E. 18° à 22° N., tandis qu'aussitôt qu'on a traversé le pont et que l'on monte sur la côte de Beny, on trouve le terrain silurien. Les couches inférieures, sont composées d'un poudingue à galets quartzeux et à pâte argileuse, exploité dans la bruyère dite le bois du Désert. Ce poudingue à pâte grossière, que j'ai retrouvé dans plusieurs points à la séparation des deux terrains de transition, est composé de galets de quartz hyalin blanc, mêlés de quelques galets de quartz noir, et de grains de feldspath blanc terreux, reliés par un ciment argilo-ferrugineux. Les galets de quartz noir sont analogues au quartz noir qui forme des filons dans le schiste. Au haut de la côte il y a des couches de grès plus fin, mais il n'y existe pas de grès blanc. Ces couches sont peu inclinées : elles plongent seulement de 15° N. 12° E. Le poudingue est recouvert immédiatement par une argile schisteuse grossière, rougeâtre et verdâtre par parties, toujours très-terreuse. Elle plonge également de 13° N. 14° E. Cette argile se prolonge jusqu'au pied de la côte de Jurques, célèbre depuis longtemps parmi les géologues et les conchiologistes par les nombreux fossiles que l'on y trouve dans le grès blanc qui en recouvre le sommet. Ce grès, en grande partie à grains fins, est associé avec des couches de grès rougeâtre, schisteux dans quelques parties : il plonge seulement de 15° vers le N. 10° E. En descendant de la côte de Jurques on retrouve en allant vers Caen, le schiste bleu à Coulvain; il y forme des couches verticales ainsi qu'à

Superposition du grès sur le schiste à la côte de Jurques.

Villers. Dans cette dernière localité, on a ouvert plusieurs carrières qui fournissent des dalles et des plaques dont on se sert pour faire des séparations dans les champs. Les couches s'y dirigent E. 20° N.

Succession des couches entre Condé et Caen.

Plus à l'E., la route de Caen à Condé nous présente une répétition de cette même superposition (*Pl. III*, *fig*. 3). Cette coupe étant surtout intéressante par le développement du terrain silurien, j'en parlerai en m'occupant de cette partie supérieure des terrains de transition.

La réunion de ces différentes coupes montre, avec la dernière évidence, que la base générale du pays est le schiste bleuâtre associé à la grauwacke qui appartient au terrain cambrien, et que les sommets des coteaux sont formés du terrain silurien; la différence qui existe entre les roches de ces deux terrains est assez grande pour qu'on connaisse à chaque instant le terrain qui constitue le sol. Mais ce qui frappe surtout le géologue, c'est la différence dans la direction et dans l'inclinaison des couches. En effet, les directions propres au terrain cambrien et au terrain silurien font ensemble un angle d'environ 40°, tandis que les inclinaisons sont constamment dans le rapport de 75° à 25° au plus. La boussole est donc un guide indispensable dans l'étude des terrains de transition de la Normandie. Presque toujours elle suffit pour indiquer leur âge et leur nature, pourvu toutefois qu'on sache faire la part de quelques circonstances particulières qui dérangent parfois, mais rarement, la stratification des couches de cette contrée. Les roches anciennes ne se montrent qu'à ses extrémités N. et S., de sorte que les roches du terrain de transition du centre du Bocage normand possèdent les caractères qui leur sont propres; c'est donc en

Constance dans la direction des couches des terrains de transition de la Normandie.

Normandie principalement qu'on doit étudier les terrains de transition, pour en connaître les âges. C'est pour cette raison que nous avons cru devoir commencer leur description par cette contrée.

Terrain de transition au Sud des montagnes de Vire.

Le revers méridional des montagnes anciennes de Vire est de nouveau formé par les terrains qui nous occupent; mais, ainsi que nous l'avons dit dans les considérations générales qui précèdent ce mémoire, le terrain cambrien ne s'y trouve plus que par exception, tandis que le silurien forme presque tout le pays. Cependant on le voit apparaître dans plusieurs vallées, presque toujours il est vrai, à l'état métamorphique. Les environs de Mortain méritent cependant d'être cités pour la superposition transgressive des deux terrains. A partir de cette ville, il existe une chaîne de collines, qui se dirige à l'E. vers Domfront et Alençon, formée entièrement de grès blanc très-fin passant au quartzite. La direction de ce grès est souvent altérée, circonstance qui est sans doute le résultat de la chaîne granitique qui l'entoure. Au pied de Mortain, sur le bord du ruisseau qui fait tourner plusieurs moulins, le schiste paraît au jour; il est en couches presque verticales, se dirigeant E. 20° N. Il est bleuâtre, maculé de parties plus noires qui offrent un passage au schiste maclifère. L'étude de la direction et de l'inclinaison des grès suffit pour montrer que Mortain offre une nouvelle preuve de la différence de stratification des deux terrains de transition, mais elle est évidente à la forge de Bourbe-Rouge, située à une lieue à l'Est de cette ville. Derrière les escarpements auxquels cet établissement est adossé on exploite à la fois du schiste et du grès. Le

Environs de Mortain.

Superposition transgressive à la forge de Bourbe-Rouge.

schiste se montre au niveau de la forge dans le bas de la vallée : il est bleuâtre et contient des veines de quartz semblables à celles que j'ai indiquées à Saint-Lô. Il fournit des ardoises grossières, épaisses et très-lourdes; on l'exploite aussi pour moellons. Ses couches, presque verticales, se dirigent E. 22° N. Si l'on monte dans le bois qui surmonte la carrière, on trouve presque immédiatement, c'est-à-dire à 10 mètres environ, des blocs de grès blanc qui sont évidemment hors de place; mais au bout de quelques pas on voit des bancs puissants de grès blanc très-dur, à grains fins et à cassure presque esquilleuse. Malgré cette apparence de cristallisation on y trouve des galets et des fossiles, M. Lalanne y a recueilli des empreintes de térébratules et les tiges verticales du fossile que j'ai signalé comme habituel à ce grès. Ses couches plongent de 20 degrés seulement vers le N. 15° E., direction fort rapprochée de celle, caractéristique du terrain silurien dans les buttes de Clecy. Si l'on se place sur un point découvert qui permette d'observer à la fois le schiste du bas de la vallée et le grès, on remarque que cette roche forme partout un chapeau sur le schiste. J'avais indiqué cette superposition à un jeune géologue qui avait quelques doutes sur la division que j'ai admise dans les terrains de transition. Soit qu'il n'ait pas monté jusqu'au haut du coteau, ou que quelqu'autre circonstance lui ait empêché de voir cette coupe caractéristique, il n'a pas reconnu cette superposition transgressive; quoique ma mémoire et mes notes fussent d'accord sur ce fait important, j'ai cependant craint de m'être trompé, et M. Lalanne, ingénieur des ponts et chaussées, alors à Mortain, a eu la complaisance

de faire faire, par un conducteur sous ses ordres, un relevé géométrique de cette localité. J'en donne le dessin, *Pl. III, fig.* 5. Les lignes tracées sur le plan représentent l'intersection des couches avec le plan horizontal, et donnent par conséquent la direction des couches. L'élévation suivant AD fait connaître l'inclinaison de ces couches, qui est de 80° degrés à l'horizon; on a dessiné en outre sur cette élévation les blocs de grès placés à l'extrémité du talus; il résulte de leur position qu'ils reposent sur le prolongement de la crête des couches de schistes exploitées dans la carrière.

Disposition du terrain cambrien près de Mortain

Le schiste ancien forme deux bandes E. O. comprises au milieu du granite, l'une qui va de Mortain à la mer en suivant la Sée; l'autre, un peu au sud de Mortain, longe les côtes jusqu'à Saint-Malo. Dans ces deux bandes le schiste est très-souvent maclifère, surtout le long de sa limite avec le granite, de sorte qu'on peut constamment juger par sa structure cristalline, si on s'approche ou si l'on s'éloigne de cette roche. Le port de Granville est situé au milieu de ce schiste, que sa compacité a fait désigner anciennement sous le nom de trapp. La roche Gautier, qui est au Sud de la ville, est composée de grauwacke schisteuse, grise, alternant avec quelques couches rares de schiste argileux bleuâtre. Ces roches sont traversées de filons de quartz courant dans tous les sens, et de veines de la même substance disposées dans le sens de la stratification; les couches, presque verticales, plongent S. 20° E. sous l'angle de 80°. Le rocher sur lequel est construite la tour, et le fortin de Granville, est également composé de grauwacke alternant avec quelques couches schisteuses. Dans

Schiste de Granville.

plusieurs points, notamment sous la cathédrale, la grauwacke contient des galets ou nodules très-compactes qui me paraissent appartenir à du pétrosilex. Cette grauwacke, très-dure et peu schisteuse, présente une cassure irrégulière, et si elle n'alternait pas avec des couches schisteuses, il serait impossible d'en distinguer la stratification, malgré qu'elle soit cependant fort nette. Elle s'écarte un peu de la direction générale du terrain cambrien, mais davantage encore du silurien. Elle est E. 30° N., les couches plongent de 70° au N. 30° O. Ce schiste se rapproche beaucoup du schiste siliceux des Pyrénées et du kieselschiefer du Hartz. Il est traversé de veines et de filons de quartz blanc laiteux comme la roche Gautier. Le quartz forme quelquefois dans ce terrain des filons puissants. A l'hôpital, situé à $\frac{1}{4}$ de lieue de la ville, on en exploite un très-vaste, au point où les deux routes de Ville-Dieu et d'Avranches se séparent. Ce filon, qui peut avoir 500 pieds de puissance, est composé de bancs verticaux, parallèles à sa direction générale, qui est N. 10° E. Le quartz y est blanc laiteux, il dégage par la percussion une assez forte odeur empyreumatique.

Filon puissant de quartz.

Le terrain cambrien forme sur les bords de la mer une bande étroite, dont les caractères sont constamment altérés par le contact des granites; j'ai déjà annoncé que le schiste micacé de la baie de Cancale me paraissait appartenir au terrain de transition; je ne pourrais en donner de preuves directes, mais les considérations suivantes rendent cette supposition très-probable : 1° le schiste micacé de Cancale et le schiste bleu de Dol passent de l'un à l'autre par une altération successive;

Disposition du terrain cambrien entre Dol et Cancale.

à Dol, la roche est une véritable grauwacke, qui devient d'abord maculée, puis maclifère à Château-Richeux, et qui est complétement cristalline dans la baie de Cancale ; 2° ce schiste ne passe pas au granite, comme cela est habituel quand il dépend des terrains anciens; 3° enfin il conserve constamment une direction qui se rapproche beaucoup de celle du système cambrien. En effet d'après la moyenne de plus de vingt observations, dont les deux extrêmes sont E. 29° N., E. 40° N., il se dirige de l'E. 35° N. à l'O. 35° S.

Plus à l'ouest le terrain cambrien me paraît former entre Ploërmel et Corlay un massif assez considérable. J'avoue que je suis incertain sur la limite que je dois lui assigner; cependant elle n'est pas éloignée de la route de Ploërmel à Dinan, car les terrains situés à droite et à gauche de cette ligne présentent des caractères entièrement différents. Cette circonstance serait incompréhensible si elle ne résultait pas de leur différence de nature, attendu que la stratification étant généralement de l'E. à l'O., on devrait recouper sur la route de Dinan à Ploërmel les mêmes couches traversées par celle de Rennes à Nantes. Mais il n'en est pas ainsi : en effet, les couches de grès si fréquentes et si caractéristiques dans le terrain silurien qui forme tout le pays à l'E. de la ligne que je viens d'indiquer, ne se retrouvent pas dans le bassin que j'ai colorié comme appartenant au terrain cambrien; les schistes eux-mêmes présentent des différences assez marquées: ceux qui composent ce bassin, en général bleuâtres et satinés, sont souvent même pailletés, tandis qu'à l'E. les schistes sont rougeâtres et micacés à la manière des grauwackes; ces derniers alternent il est vrai avec des

Bassin cambrien dans le centre de la Bretagne.

schistes bleuâtres, mais ils diffèrent notablement des premiers, leur couleur approche davantage du noir; ils sont quelquefois luisants, mais jamais ni pailletés ni surtout pas satinés à la manière des schistes talqueux; ils sont aussi beaucoup plus fissiles, de sorte que ceux-ci donnent des ardoises estimées, tandis queles schistes du terrain cambrien du bassin de Ploërmel ne produisent qué des ardoises grossières ou des dalles, spécialement employées comme appui de fenêtres ou pour clôtures.

Limite des terrains cambrien et silurien près de Ploërmel.

De plus la stratification de ces schistes est différente; à gauche de Ploërmel, elle est constamment comprise entre E. 20° N. et E. 30° N., tandis que les schistes placés à droite de cette ville se dirigent E. 10° à 15° S. Ces directions sont précisément celles que j'ai données comme caractéristiques des deux terrains de transition. Les observations magnétiques à elles seules nous fourniraient une grande probabilité pour la séparation des deux terrains; cette considération est transformée en une preuve certaine par la confirmation qu'elle reçoit de la différence dans la nature du terrain. La seule circonstance qui manque pour que tous les caractères, que j'ai signalés en Normandie comme conduisant à la division des terrains de transition de la Bretagne en deux étages, soient complets, c'est la stratification transgressive des grès sur les schistes. Je crois que même, ce caractère fondamental, existe aux environs de Corlay, ainsi que je le dirai dans quelques lignes.

La séparation des deux terrains de transition me paraît marquée par un banc de poudingue à

galets de quartz hyalin reliés par un ciment siliceux, que j'ai vu près de Malestroit. Ce banc de poudingue se prolonge sur une assez grande largeur, ainsi qu'il résulte des notes que M. Lorieux, ingénieur des mines, chargé de l'exécution de la carte géologique du Morbihan, a eu la complaisance de me communiquer; d'après ces notes : « on trouve, à vingt minutes de Ploërmel, un » peu au Sud de la ville, une carrière de poudin- » gue exploitée pour l'entretien de la route. Les » noyaux, ordinairement de la grosseur d'un pois, » sont en général de quartz blanc laiteux; il y a » en outre quelques galets de quartz noir ou » lydien. La pâte de cette roche est siliceuse, de » sorte qu'elle est très-dure; près du ruisseau, on » voit dans le poudingue quelques parties schis- » teuses vertes, qui proviennent de la destruction » du schiste ancien; ces fragments schisteux sont » il est vrai assez rares, mais leur présence an- » nonce la postériorité de cette roche arénacée. » Ces poudingues se suivent sur une longueur de » cinq lieues environ; ils forment plusieurs ban- » des parallèles. Ceux de Plador paraissent appar- » tenir à la même couche que celui de la Pérousse, » à deux kilomètres ouest de Ploërmel. Le pou- » dingue de Loheac se réunit peut-être à celui » observé près de Malestroit. Les poudingues for- » ment plusieurs bandes parallèles, mais toutes » placées à la séparation des schistes rouges et » verts; leur direction, en général la même que » celle des schistes rouges, est, E. 10 ou 12 degrés » S., O. 10 à 12 degrés N. »

Poudingue à la séparation des deux terrains.

La constance de ce poudingue, sa direction conforme à celle des schistes rouges qui appartiennent au terrain silurien, les fragments de quartz

noir et de schiste vert qu'il contient et qui proviennent du cambrien, doivent le faire ranger dans ce premier terrain : il en forme la base et représente les poudingues que j'ai déjà indiqués dans cette position; nous aurons encore plusieurs fois l'occasion de montrer qu'il marque la séparation des deux étages des terrains de transition.

Caractères du terrain cambrien près de Ploërmel.

Dans tout le bassin de Ploërmel, le terrain cambrien se présente avec des caractères analogues à ceux que je lui ai assignés, seulement il est souvent talqueux et micacé, ce qui tient au métamorphisme qu'il a éprouvé; il contient alors des cristaux assez variés, on y trouve quelquefois des staurotides, mais souvent des macles; elles sont presque partout assez distinctes pour qu'on puisse voir le dessin qu'elles présentent dans la coupe. Dans quelques cas elles acquièrent une grosseur assez considérable, comme aux forges de Sales, lieu d'où proviennent la plupart des macles qui existent dans les collections.

Calcaire de Cartravers.

A Cartravers près Corlay, le schiste contient du calcaire qui est exploité depuis un temps immémorial; il y forme une couche ou plutôt un amas dans le sens de la stratification dont la puissance est d'environ 150 pieds dans la carrière. Cet amas se compose de lits contigus d'un calcaire noir bitumineux cristallin, devenant même saccarin dans quelques parties. Sa cassure est à la fois schisteuse et esquilleuse. Il a la plus grande analogie avec les calcaires des Pyrénées qui appartiennent également au terrain cambrien, tandis qu'il diffère des calcaires de la Baconnière et des bords de la Loire associés à l'anthracite. Le calcaire de Cartravers ne contient que quelques encrines, j'y ai cherché en vain d'autres fossiles. Malgré sa couleur foncée, ce calcaire donne une chaux très-blanche et très-

pure. Les échantillons exposés à l'action de l'air blanchissent en partie, et c'est principalement dans les morceaux altérés qu'on peut trouver quelques encrines.

Les lits de calcaire se dirigent comme les couches du terrain E. 22° N.; ils plongent de 70° vers le Sud. Aux extrémités de la carrière le calcaire se mélange de schiste, de sorte qu'il n'est plus exploité pour la fabrication de la chaux. Le calcaire de Cartravers est le même que celui du Queney, près Saint-Lô, que j'ai également associé au terrain cambrien.

Le schiste contient, à la forge du Pas, une couche de minerai de fer oolitique analogue par sa composition à la chamoisite. C'est un alumino-silicate de fer très-riche et qui donne du fer de bonne qualité. Minerai de fer du Pas.

Le schiste se prolonge avec les mêmes caractères jusqu'un peu au delà de Corlay. A la montagne du Feubusquet, qui forme une longue arête courant à peu près est-ouest, le schiste vient butter contre cette chaîne qu'il coupe sous un angle aigu. On observe encore le schiste dans les ravins qui sont au pied de cette montagne, il y est constamment maclifère; partout où on l'observe il conserve sa direction, et la moyenne de plusieurs observations montre que ses couches se dirigent E. 20° N. Seulement il paraîtrait qu'il existe un pli à l'approche de cette petite chaîne, car à une demi-lieue environ les couches plongent S. 22° E., tandis qu'au pied même de la montagne, elles inclinent N. 18° O. Bientôt, les schistes disparaissent sous des argiles jaunâtres mélangées de galets de quartz hyalin; j'avais d'abord cru que ces galets représentaient le terrain tertiaire qui se présente assez fréquemment en Bretagne avec des caractères analogues,

mais le sommet de la montagne est couronné de grès quartzeux blanc à grains fins très-esquilleux, entièrement analogue au quartzite qui se trouve constamment à la base du terrain silurien; il est dès-lors hors de doute que les galets quartzeux appartiennent à une couche de poudingue qui forme l'assise la plus inférieure de ce terrain : le sol partout caché par les bruyères, m'a empêché de reconnaître la direction de ce grès; cependant comme j'ai parcouru cette montagne dans presque tout son pourtour, et que nulle part je n'ai vu le grès descendre jusqu'à son pied, je suis convaincu qu'il forme un chapeau sur la chaîne du Feubusquet, et dans ce cas il recouvre en stratification discordante le schiste, qui entre presque verticalement dans le flanc de cette montagne. Il serait intéressant de vérifier cette conjecture, qui ne permettrait plus aucun doute, sur la distinction des deux terrains de transition dans cette partie de la Bretagne.

Superposition du grès sur le schiste à la montagne de Feubusquet.

Limite ouest du bassin de Ploërmel.

Le bassin intérieur, occupé par le terrain cambrien, se ferme près de Rostrenen par le rapprochement des deux bandes de granite qui forment les côtes Nord et Sud de la Bretagne. Ce resserrement n'a que peu de longueur, et la pointe extrême de la Bretagne présente un second bassin occupé par le terrain de transition, et qui a pour limites les montagnes d'Arrée au nord, et les montagnes Noires au sud. Toute la partie comprise entre ces deux chaînes est formée par le terrain schisteux, tandis que je pense que ce même terrain constitue seulement une lisière très-étroite sur le revers extérieur de chacune d'elles. Il résulte du peu d'épaisseur du terrain cambrien et de son contact immédiat avec le granite qu'il est complétement métamorphisé. Les caractères pour distin-

guer les deux terrains de transition diminuent donc à mesure qu'on s'approche de cette partie de la Bretagne. Il est d'autant plus naturel de les confondre, que le terrain cambrien, presque toujours à l'état de schiste maclifère, peut être regardé comme formant la partie inférieure du terrain silurien qui serait altéré. Les directions des couches si positives, si caractéristiques dans toute la contrée dont nous nous sommes occupés jusqu'ici, deviennent presqu'incertaines à l'extrémité ouest de la Bretagne, non qu'elles présentent de grandes variations, mais parce que les deux systèmes offrent une direction presque commune, qui se rapproche beaucoup de celle du terrain cambrien. Elle est aussi peu éloignée de la direction qui résulte des dislocations E.-O.; on peut donc supposer, ou que le terrain silurien, qui est très-développé, et qui est caractérisé à la fois par la nature de ses roches et celle de ses fossiles, est déposé dans une vallée profonde, ouverte dans la direction du terrain cambrien, de sorte qu'il présenterait encore la trace de ce dépôt, ou que tous les terrains ont été également affectés par le soulèvement E.-O., qui a réagi si profondément sur le relief de la Bretagne; dans cette dernière supposition, la direction des couches peut avoir été influencée par celle du terrain cambrien qui est au-dessous. En effet les dislocations nouvelles qu'éprouve un terrain dont la stratification a déjà été dérangée peuvent avoir pour résultat de faire glisser les couches suivant des fissures déjà faites, et non suivant la direction que la force agissante imprimerait au terrain, s'il était vierge de tout soulèvement; ces deux suppositions sont également admissibles, mais cependant la constance dans la direction des couches, me fait

Terrain cambrien sur les pentes des montagnes Noires et des montagnes d'Arrée.

pencher vers la première dont on connaît déjà plusieurs exemples; ainsi la vallée de l'Aragon, depuis Jaca jusqu'à une petite distance de Sanguesa, dont la direction est la même que celle des Pyrénées, est cependant postérieure au dépôt des terrains tertiaires. Elle a donc été ouverte dans une ancienne fracture formée par suite du soulèvement des Pyrénées.

Distinction des deux terrains de transition difficile à l'extrémité O. de la Bretagne.

Cette similitude de caractères et de direction des couches rend donc la distinction des terrains de transition difficile et incertaine à l'extrémité ouest de la Bretagne; cependant je suis convaincu que cette division existe; la raison principale sur laquelle je me fonde est que les grès blancs qui forment dans toute la Normandie les couches inférieures du système silurien, sont en Bretagne supérieures à une assise de schiste très-puissante. Il est donc probable qu'ils marquent dans cette partie ouest de la Péninsule la séparation des terrains, et que tout ce qui est au-dessous appartient à l'étage cambrien; la nature des couches est en rapport avec cette division. En outre il existe dans plusieurs localités un poudingue à gros galets de quartz et de roches feldspathiques fort analogue à ceux de Ploërmel, poudingue qui forme probablement la partie inférieure du grès. On le voit régner à la limite méridionale de la montagne Noire, notamment près de Gourin; il se représente aussi au pied des montagnes d'Arrée près d'Huelgoät, et on le retrouve jusque dans la mine qui porte ce nom. D'après des indications que M. Juncker, directeur de cet établissement, m'a données, il y existe même une différence dans la stratification des couches de poudingue et de schiste sur lequel

Séparation marquée par les grès.

il repose; la différence entre les deux terrains serait donc alors marquée dans cette localité, à la fois, par la nature des roches, la différence de stratification, et la présence des poudingues et des grès.

Schiste des montagnes d'Arrée.

Le schiste des montagnes d'Arrée est verdâtre, luisant et satiné. Il est très-esquilleux et contient des macles fort petites, mais souvent visibles. Ce schiste est très-fissile, il est même exploité sur toute la lisière nord de cette chaîne, par un grand nombre de petites carrières, mais les ardoises qu'il fournit sont toujours grossières; au milieu de ce schiste, il existe de petites veines et même des couches en général peu puissantes, d'un quartz compacte schisteux et esquilleux, que je crois être un grès à grains très-fins. Sa cassure et ses caractères extérieurs le différencient entièrement du grès des montagnes Noires qui appartient au terrain silurien. Il correspond au schiste siliceux des Pyrénées. Dans les montagnes d'Arrée il existe bien aussi du grès semblable à celui des montagnes Noires, mais il est dans une position entièrement différente; il forme ordinairement des masses assez puissantes, comme hors de place; néanmoins la disposition générale de ces masses fait présumer qu'il repose sur les schistes anciens; le mont Saint-Michel, à l'Ouest de la Feuillée, est couronné par de ces masses de grès dont la stratification est incertaine. Nulle part je n'ai pu les voir intercalés dans le terrain, et je crois qu'elles se trouvent dans une position analogue au grès de la montagne du Feubusquet dont j'ai parlé plus haut, c'est-à-dire qu'elles sont des témoins d'un chapeau de grès qui couvrait autrefois ces sommités. M. Adrien Paillette, qui a présenté à l'Académie des sciences, dans sa séance du

Masses de grès paraissant recouvrir le schiste.

30 juin 1836 (1), un mémoire, sur les terrains des environs de Poullaouen, ainsi qu'une carte très-circonstanciée des terrains de cette contrée, annonce qu'il a observé plusieurs fois le grès blanc en stratification discordante sur les schistes anciens. Cette observation confirmerait d'une manière positive la conclusion que la disposition des masses de grès m'a conduit à admettre.

Grès et schistes des montagnes Noires.

Dans les montagnes Noires, les circonstances sont différentes : le grès blanc est véritablement en stratification concordante avec le schiste, et nul doute qu'il n'existe du schiste appartenant au terrain silurien, tel est celui que l'on voit à la crête des montagnes Noires, et dont la direction est E. 10° N., O. 10° S.; cependant je crois que, dans cette localité, le grès et le schiste représentent en général des terrains différents posés l'un sur l'autre en couches parallèles, disposition que l'on retrouve habituellement dans les formations secondaires.

Les différents exemples qui précèdent, me paraissent prouver jusqu'à l'évidence la nécessité de faire une division dans les terrains de transition de la Bretagne et de la Normandie ; les schistes et les grauwackes schisteuses qui forment une assise constante au-dessous des grès doivent être regardés comme constituant un terrain particulier. Dans la plupart des localités, la différence de stratification pose une limite certaine, entre ce terrain et celui qui le recouvre; lorsque ce caractère important n'existe pas, la direction des couches, et seulement même leur position relative, suffit pour distinguer les deux étages des terrains de transition.

---

(1) Compte rendu de l'Académie, 1er semestre 1836, pag. 529.

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites dans le laboratoire de chimie de Vesoul, pendant l'année 1837;

Par MM. THIRRIA et EBELMEN, Ingénieurs des mines.

TRAVAUX DE M. THIRRIA, INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES.

1° *Essais de bois desséchés.*

Les bois desséchés qui ont été examinés étaient de deux sortes : les uns, de couleur brune, provenaient de bois d'essences diverses, coupés depuis un an au moins, et conservés dans des hangars avant la dessiccation; les autres, de couleur jaunâtre, provenaient de bois d'essences diverses, coupés tout récemment, et desséchés peu après leur transport à l'usine. Leur dessiccation, qui exige trois ou quatre jours, se fait dans de grands séchoirs en briques, qui reçoivent les gaz en partie désoxygénés sortant des hauts-fourneaux et des foyers d'affinerie. Les premiers, ceux de couleur brune, avaient perdu aux séchoirs 35 p. o/o de leur poids, et 10 p. o/o de leur volume; et les autres, ceux de couleur jaunâtre, avaient perdu 40 à 45 p. o/o de leur poids, et 8 à 9 p. o/o de leur volume. La dessiccation avait donc enlevé à ces bois, outre leur eau hygrométrique, une partie de leur eau de combinaison.

Les essais ont eu pour objet de déterminer la quantité de chaleur que peuvent développer les combustibles ainsi préparés. Ils ont été faits sur 1 gramme de sciure de chaque espèce de bois qu'on a mélangé avec 30 grammes de litharge.

Les quantités de plomb obtenues ont été les suivantes :

NATURE DU BOIS SOUMIS A L'ESSAI. 1 gramme.	QUANTITÉ DE PLOMB obtenue. grammes.
Bois de chêne brun.	17,85
Bois de charme brun.	15,85
Bois de hêtre brun.	16,60
Bois de tremble brun.	15,42
Bois de saule très-brun.	16,17
Bois de chêne brun desséché depuis trois mois.	17,70
Bois de tremble jaunâtre.	13,80
Bois de chêne jaunâtre.	14,45
Bois de hêtre jaunâtre.	14,00
Bois de charme jaunâtre.	13,95

Il en résulte : 1° que les bois desséchés bruns ont un pouvoir calorifique plus grand que les bois desséchés jaunâtres, qui provenaient pour la plupart de bois coupés peu avant la dessiccation, de sorte qu'il serait avantageux de laisser le bois tout à fait vert plus longtemps dans les séchoirs que le bois déjà séché à l'air, afin qu'il parvienne également à l'état de bois brun; 2° que les bois desséchés, d'essences dures, ont un pouvoir calorifique plus grand que les bois d'essences tendres; 3° que le maximum du pouvoir calorifique des bois desséchés par le procédé en usage dans la Haute-Saône, correspond à celui de la fibre ligneuse desséchée à 100° ou à 0,52 de carbone, puisque le carbone pur produit avec la litharge 34 fois son poids de plomb; 4° enfin, que le pouvoir calorifique moyen de ces bois desséchés est moitié au plus de celui du charbon ordinaire, qui produit 29 à 30 parties de plomb avec la litharge.

Il était intéressant de comparer entre elles les quantités de carbone équivalentes aux matières combustibles introduites dans les hauts-fourneaux et les foyers d'affinerie, suivant que ces bouches à feu consomment du charbon de bois ordinaire ou un mélange du charbon ordinaire et de bois vert ou desséché. Cette comparaison a démontré que le bois desséché et le bois cru ont une action utile dans les bouches à feu, non-seulement par la quantité de chaleur qu'ils sont susceptibles de développer, mais encore par les gaz qui s'en dégagent, de telle sorte que ces gaz facilitent la réduction des minerais dans les hauts-fourneaux, et la décarburation de la fonte dans les foyers d'affinerie, par deux actions opposées qui sont dues probablement aux circonstances qui se présentent en grand, et que nous ne pouvons encore apprécier. En effet, en admettant :

Que le poids du pied cube de charbon mélangé où dominent les essences dures, consommé par les hauts-fourneaux, soit de 8k,5 ;

Que le poids du pied cube de charbon d'essences tendres que consomment les foyers d'affinerie soit de 7k,5 ;

Que le poids du pied cube de bois desséché pour les hauts-fourneaux soit de 12 kil. ;

Que le poids du pied cube de bois desséché pour les foyers d'affinerie soit de 11 kil. ;

Que le poids du pied cube de bois cru d'essences diverses soit de 15 kil. ;

Que la quantité de carbone équivalente aux bois bien desséchés d'essences dures soit de 0,43, c'est-à-dire moitié du carbone du charbon ordinaire ;

Que la quantité de carbone équivalente au bois bien desséché d'essences tendres soit de 0,40;

Que le carbone équivalent au mélange de bois desséchés, porté dans les hauts-fourneaux, soit de $0{,}43 \times 0{,}90 = 0{,}387$, à cause des essences tendres et de l'état de dessiccation moins parfait que dans les échantillons de choix soumis aux essais par la litharge;

Que le carbone équivalent aux bois desséchés d'essences tendres, consommés dans les foyers d'affinerie, soit $0{,}40 \times 0{,}92 = 0{,}368$, à cause de l'imperfection de la dessiccation;

Enfin, que la quantité de carbone équivalente au bois cru d'essences diverses, consommé dans les hauts-fourneaux, soit égale à $\frac{12}{34} = 0{,}352$;

On aura le tableau suivant pour les hauts-fourneaux:

CONSOMMATION MOYENNE DES HAUTS-FOURNEAUX PAR 1000 KILOGRAMMES DE FONTE.

	Au charbon de bois ordinaire.	Au mélange de charbon et de bois desséché.	Au mélange de charbon et de bois cru.
	150 pieds cubes de charbon, ou 117k,5 de charbon, ou 109k,65 de carbone.	85 pieds cubes de charbon, ou 72k,25 de charbon, ou 62k,13 de carbone; plus 85 pieds cubes de bois desséché; ou 102k de bois desséché, ou 39k,47 de carbone.	95 pieds cubes de charbon, ou 80k,75 de charbon, ou 69k,44 de carbone; plus 75 pieds cubes de bois cru, ou 112k,50 de bois cru, ou 39k,60 de carbone.
Totaux.	109k,65 de carbone.	101k,60 de carbone.	109k,04 de carbone.

Et le tableau suivant pour les feux d'affinerie :

CONSOMMATION MOYENNE DES FEUX D'AFFINERIE PAR 1000 KILOGRAMMES DE FER.		
	Au charbon de bois ordinaire.	Au mélange de charbon et de bois desséché.
	190 pieds cubes de charbon, ou 142k,50 de charbon, ou 122k,55 de carbone.	109 pieds cubes de charbon, ou 81k,74 de charbon, ou 70k,30 de carbone; plus 109 pieds cubes de bois desséché, ou 119k,90 de bois desséché, ou 44k,12 de carbone.
Totaux.	122k,55 de carbone.	114k,42 de carbone.

2° *Analyse et essai du schiste bitumineux de Saulx* (*Haute-Saône*).

Ce schiste est noirâtre comme de l'ardoise, quand il est récemment extrait; mais il devient grisâtre, quand il a été longtemps exposé à l'air. Il provient de la partie inférieure du dépôt marneux de l'étage supérieur du terrain liasique. Sa composition est la suivante :

Argile. . 0,414	Silice.	0,348
	Alumine	0,066
Carbonate de chaux.		0,276
Carbonate de magnésie.		0,078
Oxide de fer.		0,036
Eau et matières volatiles.		0,154
Matière charbonneuse.		0,014
Perte.		0,028
		1,000

Placé sur des charbons allumés, il brûle avec flamme, et calciné rapidement en vase clos, il devient d'un noir foncé. Son pouvoir calorifique, déterminé au moyen de la litharge, est représenté par 2,22 de plomb, de sorte que la quantité de charbon à laquelle le schiste équivaut est de 0,065 de son poids.

On a essayé s'il ne pourrait pas remplacer, pour la clarification du sucre de betteraves, le noir animal dont le prix est fort élevé. A cet effet, on en a pulvérisé quelques kilogrammes, et on a tamisé la poussière obtenue, afin de n'avoir que des fragments de la grosseur des grains de la poudre de mine, comme ceux du noir animal; puis on l'a calciné rapidement en vase clos, et c'est avec le schiste ainsi préparé qu'on a procédé aux essais dans la fabrique de sucre de betteraves de Vesoul. On a opéré en même temps sur des volumes égaux de noir animal, afin d'avoir des termes de comparaison bien positifs. On a obtenu avec le noir de schiste des sirops aussi bien clarifiés qu'avec le noir animal employé à volume égal. La réussite parfaite de ces essais avait déterminé à les répéter en grand; mais ce projet a été ajourné, parce qu'on a appris qu'il existait un brevet d'invention pour la préparation du noir de schiste et son application à la clarification des sirops.

3° *Analyse d'une eau salée des environs de Semur (Côte-d'Or).*

La source qui fournit cette eau sort du terrain keupérien; elle a la composition suivante :

Eau pure.	0,99479
Chlorure de sodium . .	0,00480
Chlorure de calcium. .	0,00041
	1,00000

Cette eau n'est donc pas assez riche en sel marin pour être exploitée avec avantage par un procédé quelconque. Sa présence indique seulement qu'il existe probablement un banc de sel gemme dans le terrain keupérien de la localité.

4° *Analyse d'une eau salée d'Ecquevilley (Haute-Saône).*

La source d'où provient cette eau surgit aussi du terrain keupérien. On l'a trouvée composée comme il suit :

Eau pure.	0,996296
Chlorure de sodium. . .	0,003530
Chlorure de calcium. .	0,000127
Sulfate de soude	0,000047
	1,000000

5° *Analyse de sept pierres à chaux.*

Ces pierres à chaux proviennent du département de la Haute-Saône et constituent des bancs ou rognons subordonnés à la partie moyenne des marnes oxfordiennes du deuxième étage du terrain jurassique, à l'exception de la pierre calcaire du Rupt-de-Vellemoz, territoire de Grattery, qui appartient à la partie inférieure du premier étage jurassique. On les a trouvées composées comme il suit :

	QUENOCHE.	PENNESIÈRE.	OISSELAY.	CIREY.	LE NEUVELLE-LES-CHAMPLITTE.	VALLEROIS-LE-BOIS.	RUPT-DE-VELLEMOZ.
Chaux	0,400	0,340	0,370	0,080	0,390	0,224	0,478
Magnésie	0,030	0,024	0,030	0,010	0,020	0,000	0,012
Acide carbonique	0,350	0,310	0,330	0,078	0,320	0,018	0,370
Argile. Silice	0,140 } 0,160	0,190 } 0,236	0,148 } 0,208	0,580 } 0,700	0,166 } 0,204	0 580 } 0,680	0,070 } 0,104
Argile. Alumine	0,020	0,046	0,060	0,120	0,038	0,100	0,034
Eau	0,045	0,070	0,045	0,130	0,050	0,070	0,086
Perte	0,015	0,020	0,017	0,002	0,016	0,008	0,010
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1.000	1,000

On a conclu de la composition de ces différentes pierres à chaux :

1° Que la pierre à chaux de Pennesière doit être éminemment hydraulique, puisqu'elle renferme 23 p. o/o d'argile et 2 p. o/o de magnésie;

2° Que les pierres à chaux d'Oiselay et de Neuvelle-les-Champlitte doivent être très-hydrauliques, puisqu'elles contiennent plus de 20 p. o/o d'argile et 2 à 3 p. o/o de magnésie;

3° Que la pierre à chaux de Quenoche, dans laquelle la proportion d'argile n'excède pas 16 p. o/o, avec 3 p. o/o de magnésie, doit être moyennement hydraulique;

4° Que les pierres à chaux de Vallerois-le-Bois et de Cirey ont une proportion d'argile beaucoup trop forte pour qu'il se forme par la cuisson des silicates susceptibles d'absorber l'eau et de la solidifier;

5° Enfin que la pierre à chaux du Rupt-de-Vellemoz serait très-peu hydraulique, d'après la faible proportion d'argile qui l'accompagne.

On a conseillé aux entrepreneurs de travaux publics qui ont le projet d'employer les pierres à chaux de Pennesière, d'Oiselay et de Neuvelle-les-Champlitte, pour les grands travaux de navigation de la Saône, de les cuire à un feu modéré, afin de ne pas en expulser tout l'acide carbonique, ainsi qu'on le fait pour la chaux (calcaire liasique) éminemment hydraulique de Pouilly (Côte-d'Or), et pour la chaux (dolomie keupérienne) moyennement hydraulique de Bussière (Haute-Marne), qui sont composées d'un mélange de chaux entièrement privée d'acide carbonique et du sous-carbonate de chaux qu'on a séparé de la pierre à chaux cuite, après qu'elle a fusé.

6° *Analyse du minerai de fer en grains de Lavaivre, commune de Raze (Haute-Saône).*

Ce minerai, qu'on a le projet de traiter avec d'autres minerais dans le fourneau de Conflandey, provient d'un dépôt de minerai de fer pisiforme remanié à l'époque diluvienne. Les maîtres de forges le disent cuivreux, et le considèrent comme donnant des fontes et des fers de médiocre qualité. En conséquence, on a recherché s'il ne renfermait pas du soufre, de l'arsenic ou du phosphore.

L'analyse a donné les résultats suivants :

Peroxide de fer		0,4920
Oxide de manganèse		0,0220
Acide phosphorique		0,0011
Alumine soluble		0,0380
Argile.	Silice	0,1500
	Alumine	0,1140
Carbonate de chaux		0,0360
Eau		0,1360
Perte		0,0109
		1,0000

C'est donc à l'acide phosphorique que renferme ce minerai qu'il faut attribuer sa qualité médiocre. Sa teneur en fer métallique est de 34 p. o/o.

7° *Analyse du minerai de fer en grains des Sept-Fontaines, commune de Sainte-Reine (Haute-Saône).*

Ce minerai provient d'un gîte de minerai de fer pisiforme appartenant au terrain du grès-vert. Comme il nuit un peu à la bonne qualité des fers, le maître de forges faisant valoir l'usine de Seveux a désiré savoir, avant de s'en servir, quelle était la cause de ce vice. Le soufre, le phosphore et l'arsenic pouvant l'occasionner, on les a re-

cherchés dans l'analyse qui a donné les résultats suivants :

Peroxide de fer.		0,46000
Oxide de manganèse . . .		0,02600
Sulfure Fe. S^2	Fer . . .	0,00046
	Soufre. .	0,00054
Alumine soluble.		0,00800
Argile.		0,08000
Carbonate de chaux . . .		0,36000
Eau.		0.06000
Perte.		0,01500
		1,00000

C'est donc au soufre du sulfure qui doit se trouver en nodules dans ce minerai, comme dans quelques minerais pisiformes de la Haute-Saône, qu'il faut attribuer le vice qu'il donne aux fontes et fers. Sa teneur en fer métallique est de 31 p. o/o.

8° *Analyse du minerai de fer des Graugettes* (*Jura*).

Ce minerai provient d'une couche située dans le terrain jura-crétacé, qui est vraisemblablement le prolongement du gîte de Boucherons (Jura). On a le projet de l'exploiter pour un haut-fourneau qu'on compte rétablir aux forges du bourg de Sirod (Jura). Il a la composition suivante :

Peroxide de fer.	0,300
Protoxide de fer	0,010
Carbonate de chaux.	0,310
Carbonate de magnésie. . .	0,020
Silice combinée.	0,036
Alumine, argile et sable. . .	0,240
Eau.	0,070
Perte.	0,014
	1,000

D'après la composition des deux oxides de fer, ce minerai ne contient que 21,5 p. o/o de fer métallique.

TRAVAUX DE M. EBELMEN, A.-INGÉNIEUR DES MINES.

Analyse des produits de la fabrique d'alun et de couperose de Corcelles (*Haute-Saône*).

Avant de livrer à la consommation la houille qui sort de la mine de Corcelles, on lui fait subir une opération assez analogue au criblage à la cuve, qui a pour but de séparer la plus grande partie des noyaux de pyrite et de gypse qui s'y trouvent mêlés. Depuis les commencements de l'exploitation on n'avait songé à tirer aucun parti de ces résidus qui, mêlés avec d'anciens déblais formés de pyrites et d'argile schisteuse, s'étaient enflammés et convertis en partie en substances salines. Dans ces derniers temps, cependant, on a pensé à extraire de ces matières du sulfate de fer et de l'alun. Les eaux de lavage étaient amenées à 18° Baumé en les faisant digérer à froid sur des terres de plus en plus riches en matières salines, on concentrait ensuite les eaux pour les faire cristalliser. Le premier produit consistait en alun octaédrique d'un vert clair. Le sulfate de fer cristallisait ensuite. Enfin, on a précipité de la liqueur de l'alun par une addition convenable de sulfate de potasse.

Les analyses suivantes ont eu pour but l'examen des matières soumises au lessivage et des produits de ce lessivage.

1° *Analyse des déchets de houille non fermentée.*

Ils ont présenté la composition suivante :

Houille.	Carbone.	0,380	0,690
	Matières volatiles.	0,310	
Pyrite de fer			0,122
Sulfate de chaux			0,044
Argile.	Silice	0,103	0,144
	Alumine	0,041	
			1,000

Tous les déchets de houille ne présentent pas du sulfate de chaux, qui se rencontre dans l'aval-pendage des couches en des points où les eaux superficielles n'ont pu en effectuer la dissolution.

2° Analyse des déchets de houille fermentée.

On remarque dans les terres noires qui séjournaient à l'air depuis très-longtemps, une grande quantité de points blancs cristallins, et surtout de petits noyaux d'un sel blanc qui présente beaucoup d'analogie avec l'alun de plume. Pour l'analyser, on a traité successivement la matière par l'eau, l'acide muriatique faible et l'eau régale. Le résidu, formé d'argile et de matière charbonneuse, a été grillé, puis l'argile a été analysée par les procédés ordinaires. On a obtenu les résultats suivants :

			Oxygène.	Rapport.
Matières solubles dans l'eau. 0.596.	Acide sulfurique.	0,1880	0,1130	12
	Alumine.	0,0600	0,0280	3
	Protoxide de fer.	0,0320	0,0074	1?
	Chaux.	trace.		
	Eau	0,3160	0,2780	30
Solubles dans l'acide muriatique	Acide sulfurique.	trace.		
	Oxide de fer. . .	trace.		
Solubles dans l'eau régale. 0,0188.	Fer.	0,0082		
	Soufre.	0,0106		
	Perte.	0,0052		
Matières charbonneuses.		0,1680		
Argile et silice gélatineuse. 0.212	Silice.	0,1880		
	Alumine	0,0160		
	Chaux-Magnésie. .			
	Alcali et perte . .	0,0080		
		1,0000		

Ces résultats peuvent être mis encore sous la forme suivante :

Sulfate d'alumine.	0,200
Sulfate de protoxide de fer .	0,068
Acide sulfurique libre.	0,012
Sulfate de chaux.	trace.
Eau.	0,316
Pyrite de fer.	0,019
Matières combustibles.	0,168
Argile et silice gélatineuse. . .	0,212
Perte	0,005
	1,000

On n'a pas recherché les sels alcalins. En comparant les résultats de cette analyse avec ceux de la précédente, on remarque : 1° qu'il ne s'y trouve plus de sulfate de chaux, ce qui tient évidemment à l'absence de cette matière dans la houille qui a fermenté ; 2° que l'argile ne renferme plus qu'une proportion d'alumine très-faible. On remarquera que la proportion d'acide sulfurique, qui est d'environ 19 p. 100, et qui doit provenir de 7 $\frac{1}{2}$ p. 100 de soufre, de 14 p. 100 de pyrite de fer ou de 6 $\frac{1}{2}$ p. 100 de fer, est plus que double de celle qui correspondrait au fer contenu. Il faut donc admettre qu'une partie de l'acide sulfurique provient de la condensation des vapeurs sulfureuses qui s'échappaient d'une autre portion du tas en combustion. On ne doit pas admettre qu'une partie du sulfate de fer formé ait été entraînée par les eaux pluviales, car leur action dissolvante se serait exercée de préférence sur le sulfate d'alumine dont la solubilité est beaucoup plus grande.

3° *Analyse des eaux du lessivage à froid.*

Les eaux du lessivage ont été amenées, comme nous l'avons dit plus haut, à 18° Baumé : elles

sont verdâtres, très-styptiques. Elles rougissent très-vivement le papier de tournesol. Le nitrate d'argent les trouble sensiblement, même dans une dissolution très-étendue. Le précipité est insoluble dans l'acide nitrique, et la lumière le fait devenir violet. L'ammoniaque, ajoutée avec précaution, sépare des eaux une quantité assez considérable de peroxide de fer rougeâtre.

400 grammes d'eau de lavage ont donné par évaporation à siccité, un résidu salin pesant 73 ,50. Elle renferme donc, en sels desséchés, les 18,40 p. 100 de son poids.

Les sels desséchés, triturés avec un peu de chaux éteinte et quelques gouttes d'eau, dégagent une odeur très-marquée d'ammoniaque.

Pour analyser les sels desséchés, on en a dissous 5 grammes dans l'eau bouillante. La liqueur, acidifiée par l'acide muriatique, a été précipitée par le muriate de baryte. On a filtré et on s'est débarrassé de l'excès de baryte par quelques gouttes d'acide sulfurique faible : dans la liqueur filtrée, on a précipité le fer et l'alumine par l'hydrosulfate d'ammoniaque. On s'est assuré, par l'acétate d'ammoniaque, que les eaux ne renfermaient pas sensiblement de chaux. Les liqueurs ont été rapprochées à siccité et le résidu, chauffé et fondu dans une capsule de platine, a donné la quantité de sulfate alcalin que renfermaient les sels essayés. On s'est d'ailleurs assuré, par la capacité de saturation de l'alcali et par le muriate de platine, qu'il était composé uniquement de potasse.

Pour doser l'ammoniaque, j'ai mêlé 10 grammes de résidu salin, délayés dans un peu d'eau, avec 15 grammes de potasse caustique. Le tout a

été introduit dans une cornue de verre, dont le col effilé à son extrémité plongeait dans de l'eau acidulée par l'acide muriatique; on a chauffé la cornue pendant $\frac{3}{4}$ d'heure à l'ébullition. L'eau dans laquelle on avait recueilli les produits de la distillation a été évaporée avec précaution jusqu'à siccité. On a distillé le résidu et dosé le sel ammoniac qui s'est volatilisé.

L'analyse a donné les résultats suivants. On remarquera que tout le fer a été dosé à l'état de peroxide, ce qui rend la quantité d'eau un peu trop faible.

Acide sulfurique	0,5600
Acide muriatique	trace.
Alumine	0,1000
Peroxide de fer	0,2160
Potasse	0,0196
Ammoniaque	0,0054
Chaux, magnésie	trace.
Eau	0,0926
	0,9936

Ces résultats peuvent être mis sous la forme suivante :

Sulfate d'alumine	0,3320
Sulfate de potasse	0,0380
Sulfate d'ammoniaque	0,0080
Sulfate neutre de peroxide de fer	0,5070
Peroxide de fer en excès	0,0160
Sulfate de chaux et de magnésie	trace.
Eau	0,0926
	0,9936

Les eaux peuvent produire, en alun naturel :

Sulfate d'alumine	0,099	0,27 (ensemble)
Sulfate d'ammoniaque	0,008	
Sulfate de potasse	0,038	
Eau	0,125	
Sulfate d'alumine excédant	0,233	

Les eaux de lessivage renfermant 18 p. 100 de matières salines, on voit qu'elles peuvent produire les $0,18 \times 0,27 = 0,0486$ de leur poids d'alun naturel. Le sulfate d'alumine excédant pourra donner en alun, par une addition convenable de sulfate de potasse, 0,1159 du poids des eaux de lessivage, ce qui donnera un total de 0,1645 d'alun pour 1 d'eau de lessivage à 18° Baumé.

En supposant tout le fer à l'état de protoxide, les eaux de lessivage pourraient produire les $0,18 \times 0,417$ ou 7 p. 100 de couperose anhydre ou 13 p. 100 environ de couperose cristallisée. Il reste toujours, à la vérité, dans les eaux-mères, avec le sulfate d'alumine, une quantité considérable de sulfate de peroxide de fer qui provient des terres à lessiver, ou qui se forme aux dépens de l'oxygène de l'air pendant les opérations qu'on fait subir aux eaux. On voit, d'après l'analyse précédente, qu'il existe dans les eaux de lessivage une quantité d'acide sulfurique presque suffisante pour former un sel neutre avec tout le fer supposé à l'état de peroxide. Ainsi on peut être assuré qu'il ne se déposera jamais de sous-sel de peroxide.

Je crois qu'on pourrait employer avec avantage le moyen suivant pour empêcher la formation de sulfate de peroxide de fer, et pour ramener au minimum d'oxidation celui qui se serait formé. Il consisterait à concentrer les eaux de lessivage sur du protosulfure de fer qu'on obtiendrait facilement en fondant la pyrite dans un petit fourneau à manche ou en la distillant en vases clos. L'acide libre dans les eaux dissoudrait le protosulfure de fer avec dégagement d'hydro-

gène sulfuré, qui a, comme on le sait, la propriété de transformer les sels de peroxide de fer en sels de protoxide avec dépôt de soufre. L'action une fois commencée, continuerait d'elle-même, car, en se transformant en sel neutre de protoxide $\dot{\bar{F}}\,\dddot{\bar{S}}$, le persulfate de fer $\ddot{\bar{F}}\,\dddot{\bar{S}}^3$ rend libre $\frac{1}{3}$ de l'acide sulfurique qu'il contient. La couperose obtenue ne serait pas aussi acide que celle produite par les procédés ordinaires.

La quantité d'acide sulfurique renfermée dans les eaux équivaut à 0,224 de soufre. Les 0,216 de peroxide de fer correspondent à 0,151 de fer qui n'exigent que 0,178 de soufre pour former de la pyrite. On est donc conduit à admettre qu'une partie de l'acide sulfurique provient de la condensation des vapeurs sulfureuses, car il n'est pas vraisemblable, si l'on considère la grande acidité des eaux, de supposer qu'il soit resté du sous-sulfate de fer dans les résidus du lessivage.

Les tas d'anciens déblais de la mine de Corcelles doivent être considérés comme des mélanges de différentes matières réparties fort irrégulièrement dans leur intérieur; savoir :

Des houilles menues, plus ou moins mélangées de gypse et de pyrites;

Des schistes pyriteux et alumineux.

La potasse provient sans doute des débris feldspathiques disséminés dans les schistes, et l'ammoniaque est un des produits de la distillation de la houille.

L'agent de la décomposition de la houille, de la transformation des bases en sulfate, est la pyrite de fer $F^1 S^2$. En absorbant de l'oxygène et en se transformant en sulfate neutre de protoxide de

fer $\dot{F}\dddot{S}$, elle rend disponible la moitié de l'acide sulfurique qu'elle peut produire, et qui se porte sur d'autres bases. Telle est, en effet, le résultat d'une décomposition de pyrites à l'air libre, lorsque cette décomposition a lieu sans échauffement sensible. Mais les choses ne doivent plus se passer ainsi dans des amas puissants de pyrites et d'autres substances combustibles. Les premiers effets de la fermentation dans l'intérieur du tas sont la formation des sulfates sous l'influence de l'air et de l'eau. L'élévation de température qui en est la conséquence doit changer progressivement la nature des effets produits. Dans l'intérieur du tas, où l'air n'arrive qu'en petite quantité et où la température est la plus élevée, les sulfates ne peuvent plus se former. Les vapeurs sulfureuses tendent à se porter constamment du centre du tas vers sa surface, où elles se transforment en acide sulfurique sous l'influence de matières basiques et d'un air humide convenablement échauffé. On conçoit que plus la température intérieure du tas sera élevée, et plus la zone où la sulfatisation peut avoir lieu sera rapprochée de la surface, car elle ne peut s'opérer que dans des circonstances et sous une température déterminées. Cette théorie donne l'explication du fait qui résulte des deux analyses précédentes. Nous avons vu que les matières à lessiver et les eaux de lavage renfermaient plus de soufre qu'il n'en faudrait pour transformer en pyrite le fer qu'elles contiennent. A Corcelles, les premiers lessivages ont été faits tout naturellement sur les matières qui se trouvaient à la surface des tas. Leur centre renferme vraisemblablement beaucoup plus de

matières basiques, beaucoup moins d'acide libre que les substances analysées.

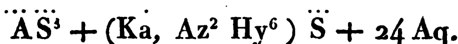
En résumé on voit qu'il y aurait sans doute avantage à établir à Corcelles une fabrique d'alun et de sulfate de fer. Les matières premières n'ont aucune espèce de valeur, et le combustible nécessaire à la concentration des eaux est sur place. Avec de pareils éléments de succès, l'avenir de l'établissement est assuré.

4° *Analyse de l'alun naturel.*

L'alun naturel qui se sépare le premier des eaux de lessivage a été redissous, et on l'a fait cristalliser de nouveau. Dans cet état il ne bleuit pas sensiblement le prussiate de potasse. On l'a trouvé composé ainsi qu'il suit :

		Oxygène.	Rapports.
Acide sulfurique. .	0,345	0,207	12
Alumine.	0,114	0,053	3
Potasse.	0,022	0,0037	1
Ammoniaque. . . .	0,048	0,0146	
		0,0183	
Eau par différence.	0,471	0,1419	24
	1,000		

On arrive à la formule ordinaire des aluns



$$\dddot{A}\dddot{S}^3 + (Ka,\ Az^2\ Hy^6)\ \dddot{S} + 24\ Aq.$$

Dans cette substance, la quantité de potasse est moindre que celle de l'ammoniaque, tandis que les eaux de lessivage ont présenté un résultat opposé. Cette anomalie vient sans doute d'une différence de solubilité de l'alun ammoniacal et de l'alun de potasse, différence qui leur permet de se mélanger en proportions variables depuis le commencement jusqu'à la fin de la cristallisation.

5° *Recherches sur les moyens d'analyser les minerais de manganèse* (1).

Deuxième procédé.

On peut aussi doser l'oxygène d'un minerai de manganèse, par un procédé commode et économique, en traitant par l'acide muriatique pur et convenablement étendu, un mélange du minerai à essayer et de fleur de soufre bien lavée à l'eau bouillante. On mêle 3 ou 5 grammes de minerai avec le double de fleur de soufre. On introduit le tout dans un ballon à fond plat de 8 onces, qu'on remplit aux $\frac{2}{3}$ d'acide muriatique étendu de 6 à 8 fois son poids d'eau, puis on fait bouillir la liqueur à gros bouillons. La vapeur d'eau qui se dégage n'a presque pas de réaction acide dans le commencement de l'opération. On reconnaît à son odeur qu'elle entraîne une petite quantité de soufre. A un certain degré de concentration, variable suivant la nature du minerai essayé, sa dissolution s'opère sans qu'il se dégage de chlore, et il se forme une quantité d'acide sulfurique corpondante à l'oxygène de l'oxide de manganèse. Si le minerai est mélangé de peroxide de fer, il se dissout dans l'acide muriatique sans que le soufre le ramène au minimum d'oxidation. S'il renferme de la baryte, elle se trouve avec le soufre et l'argile dans le résidu, combinée avec une certaine partie de l'acide sulfurique produit. Dans ce cas, il convient de précipiter l'acide sulfurique par le muriate de baryte dans le vase même où l'on a opéré. Le précipité, grillé et calciné, donne le sulfate de baryte augmenté de la proportion d'argile contenue dans le minerai. Dans ce cas il

(1) La première partie de ces recherches a été déjà insérée dans les *Annales des mines*, tome XII, pag. 607.

est bon de s'assurer que le soufre employé brûle sans résidu.

1 at. sulfate de baryte 1458,09 correspond à 300 d'oxygène.
1 de sulfate de baryte — à 0,2058 d'oxygène.

Certaines opérations sont indispensables pour que l'opération réussisse bien. Quand on essaie des minerais tendres et friables ou des oxides hydratés, que l'acide muriatique attaque très-facilement, il n'est pas nécessaire de les porphyriser, et l'opération marche très-vite sans que les vapeurs exhalent la moindre odeur de chlore.

Mais si la cohésion, si la nature du minerai s'opposent à ce qu'il se dissolve facilement dans l'acide muriatique étendu et bouillant, il arrive que le degré d'ébullition de la liqueur s'élève au fur et à mesure que l'acide se concentre. C'est seulement à 110° que l'acide muriatique distille sans abandonner une nouvelle quantité d'eau. Or on sait que le soufre fond entre 107° et 108°. Quand la température approche de cette limite, on voit le soufre se rassembler en grumeaux, se séparer du minerai non attaqué et venir nager à la surface de la liqueur. Dans cette circonstance, si la concentration était poussée trop loin, il pourrait se dégager du chlore. Il faut avoir soin, quand on essaie des minerais très-denses, difficilement attaquables, de les porphyriser très-exactement. Quand on voit le soufre se rassembler en grumeaux, quand les vapeurs deviennent trop acides, il faut ajouter une nouvelle dose d'acide étendu et agiter souvent la liqueur. La condition essentielle de succès, c'est que le soufre reste constamment en suspension au milieu de la liqueur bouillante.

Avec ces précautions j'ai obtenu, avec le minerai de manganèse du laboratoire, qui est un peroxide anhydre cristallisé très-dense, des résultats

complétement d'accord entre eux et avec ceux fournis par le premier procédé. Trois opérations successives ont fourni les nombres suivants :

				gram.
1° 1 gramme de peroxide cristallisé du laboratoire, exactement porphyrisé, mêlé avec 2 gr. de soufre et traité avec les précautions indiquées, a donné, sulfate de baryte.				0,770
2° *Idem*	*idem*	avec 3 gr. sulfate	*idem.*	0,780
3° *Idem*	*idem*	*idem*	*idem.*	0,780
			Moyenne. . . .	0,777

1 gramme du même minerai a été traité par l'acide muriatique, et le chlore en provenant reçu dans une dissolution d'acide sulfureux mêlée de muriate de baryte. On a obtenu sulfate de baryte 2gr.,35. Or $\frac{2,35}{3}$ = 0gr.,783 nombre bien peu différent de 0gr.,777.

Le minerai de manganèse de Gy, qui se compose de peroxide barytique très-tendre et très-friable, a été essayé aussi concurremment par les deux procédés; avec l'acide sulfureux on a obtenu les nombres suivants :

			gr.
1°	Sur 1 gramme.	Sulfate de baryte. . .	0,740
2°	*Idem.*	*Idem.*	0,730
3°	*Idem.*	*Idem.*	0,730
		Moyenne.	0,733

En essayant le même minerai avec le soufre, l'attaque a été complète au bout de peu de temps et dans une liqueur très-étendue. On a obtenu, en retranchant du sulfate de baryte le poids de l'argile connu d'avance, les résultats suivants:

			gr.
1° 3 gr. min. de Gy	avec 5 gr. de soufre,	sulfate baryte.	0,73
2° *Idem*	*idem*	*idem.* . .	0.73
3° *Idem*	*idem*	*idem.* . .	0,73
4° *Idem*	*idem*	*idem.* . .	0,73

En résumé, le second procédé me paraît plus commode encore que le premier, quand il s'agit de l'essai de minerais dont la dissolution s'opère facilement dans une liqueur acide étendue. Mais l'emploi de l'acide sulfureux sera préféré, je crois, quand les oxides à essayer ne s'attaqueront facilement que par l'acide muriatique parvenu à un degré plus avancé de concentration.

6° *Analyse du minerai de manganèse de Gy (Haute-Saône).*

Ce minerai remplit des boyaux et des grottes creusées dans les calcaires jurassiques de Gy et des environs. Il se compose de noyaux fibreux, entourés d'une grande quantité de chaux carbonatée en petits cristaux, réunis par un ciment argilo-ferrugineux peu abondant. Les noyaux fibreux sont constitués par une matière dont l'aspect est faiblement métalloïde, qui se laisse très-facilement couper au couteau et s'écrase sous la moindre pression. Sa densité est très-faible. Sa poussière est brune et sans éclat. On la prendrait pour de l'hydrate de deutoxide de manganèse. Calcinée au rouge blanc, elle prend une couleur rose clair. Chauffée dans un petit tube, elle n'abandonne qu'une faible proportion d'eau. L'acide acétique produit une effervescence assez vive due au calcaire interposé entre les fibres d'oxide. L'acide muriatique dissout les noyaux fibreux à peu près sans résidu. La dissolution est tout à fait incolore. L'acide sulfurique en précipite du sulfate de baryte, et l'hydrosulfate d'ammoniaque du sulfure de manganèse de couleur blonde.

Les noyaux fibreux analysés séparément ont donné :

Protoxide de manganèse.	0,631
Oxygène.	0,139
Eau.	0,020
Baryte.	0,059
Argile.	0,006
Carbonate de chaux. . .	0,128
	0,983

L'oxygène a été dosé en faisant passer le chlore dégagé par l'acide muriatique dans une dissolution d'acide sulfureux mêlée de muriate de baryte. En calculant la quantité d'oxygène nécessaire pour transformer 0,631 de protoxide de manganèse en peroxide, on trouve 0,1384 qui ne diffère pas sensiblement du nombre que nous avons trouvé. Le minerai se compose donc de peroxide barytique mêlé peut être d'une petite quantité d'hydrate de peroxide.

La composition moyenne du minerai de Gy a été trouvée comme il suit :

Protoxide de manganèse. .	0,228
Oxygène.	0,050
Eau.	0,030
Baryte.	0,022
Résidu argileux.	0,054
Peroxide de fer.	0,072
Carbonate de chaux. . . .	0,530
	0,986

L'oxygène a été dosé par l'acide sulfureux et par le soufre. J'ai rapporté plus haut les différents essais dont les résultats ont été parfaitement concordants. L'eau a été dosée directement. La grande quantité de calcaire mêlée avec l'oxide de manganèse, ne permettra pas qu'il soit employé avec avantage à la fabrication du chlore; car il consommerait inutilement une proportion énorme d'acide muriatique. On peut toutefois espérer qu'on rencontrera quelque gîte où le minerai sera moins mélangé de calcaire.

La nature du minerai de manganèse de Gy prouve évidemment qu'il a été formé par voie chimique. La solution du problème géologique relatif à son origine et à la détermination des causes qui l'ont produit est des plus intéressantes.

7° *Analyse du minerai de fer de Bucey-les-Gy (Haute-Saône).*

Ce minerai remplit des grottes et des cavités creusées dans les calcaires jurassiques des environs de Bucey-les-Gy. Sa poussière est rouge. Il est sous forme de masses concrétionnées à zones concentriques dont la teinte varie depuis le rouge jusqu'au noir bleuâtre. Il n'est pas magnétique. Au chalumeau sur le charbon, il dégage des fumées blanches et une odeur arsenicale très-prononcée. Dans le tube ouvert, il ne donne aucun sublimé. L'acide muriatique le dissout avec dégagement de chlore. La liqueur acide ne précipite pas par le muriate de baryte. Sursaturée par l'hydrogène sulfuré à chaud, elle laisse déposer du soufre mêlé de persulfure d'arsenic qu'on sépare aisément par l'ammoniaque. On l'a trouvé composé ainsi qu'il suit :

Peroxide de fer.	0,830
Oxide rouge de manganèse. . . .	0,040
Acide arsenique.	0,013
Eau.	0,086
Argile.	0,024
	0,993

Malgré sa richesse, ce minerai n'a pu être employé avec avantage dans les hauts-fourneaux par suite de la proportion considérable d'arsenic qu'il renferme. On a cherché à en tirer parti dans le haut-fourneau de Seveux. On le grillait sur des fagots, et le grillage dégageait une grande quantité de vapeurs arsenicales. Dans cette opération, l'acide arsenique était vraisemblablement réduit

par le contact du combustible à l'état d'acide arsenieux. Au reste, l'expulsion de l'arsenic était loin d'être complète, car il suffisait d'une petite proportion de minerai de Bucey dans les charges pour rendre les fontes aigres et cassantes.

Le gisement de ce minerai est tout à fait analogue à celui du manganèse de Gy, qui remplit aussi, à une distance de quelques kilomètres de Bucey, des grottes creusées dans le calcaire jurassique.

8° *Analyse et essai du minerai de fer de Trembloy (Haute-Saône).*

Ce minerai qui appartient à la formation du minerai de fer pisiforme est employé dans le haut-fourneau de Noiron; on l'a trouvé composé ainsi qu'il suit :

Perte au feu.	0,125
Argile et sable.	0,386
Peroxide de fer.	0,416
Alumine soluble.	0,036
Oxide rouge de manganèse. . .	0,030
Carbonate de chaux.	trace
	0,994

D'après sa composition par voie humide, ce minerai renferme 28 $\frac{1}{2}$ p. 100 de fer métallique.

Composition de l'essai par voie sèche :

10 gr. minerai cru : minerai calciné. .	8,74
2,50 carbonate de chaux : chaux. . . .	1,40
Total des matières fixes. . . .	10,14

L'essai a bien fondu.

Culot et scories.			8,78
Oxygène.			1,36
Fonte.	2,83	8,78	
Scorie.	5,93		
Matières vitrifiables insolubles.			3,86	5,93
Fondant ajouté.			1,40	
Matières vitrifiables solubles.			0,59	

La fonte était d'un gris clair, à grains fins, très-tenace. Sous le marteau, elle s'aplatissait un peu avant de se rompre. La scorie était vitreuse, un peu bulleuse, d'un vert très-clair.

9° *Analyse et essai du minerai de fer du Pernot.*

Ce minerai qui provient d'un terrain d'alluvion, se compose de grains de grosseur variable, de forme irrégulière et très-friables. On voit dans leur cassure beaucoup de couches très-minces d'oxide de manganèse. Leur poussière est brune. L'acide acétique ne l'attaque pas. L'acide muriatique la dissout facilement avec dégagement de chlore. On l'a trouvée composée ainsi qu'il suit:

Perte au feu.	0,132
Peroxide de fer.	0,350
Oxide rouge de manganèse. . .	0,050
Alumine soluble.	0,020
Argile et sable.	0,446
	0,993

Composition de l'essai par voie sèche.

	gr.
10 gr. minerai cru : minerai calciné.	8,68
3 gr. carbonate de chaux : chaux. . .	1,68
	10,36

Essai bien fondu.

Culot et scorie.		9,30	
Oxygène.		1,06	
Fonte	2,45	9,30	
Scorie.	6,85		
Résidu insoluble.		4,46	6,85
Fondant ajouté.		1,68	
Matières solubles vitrifiables. . .		0,71	

La fonte était blanche, à gros grains, un peu

bulleuse. Elle s'est cassée très-facilement sous le marteau sans s'aplatir. La scorie était vitreuse et d'un gris clair. D'après sa composition et la mauvaise qualité de la fonte qu'il produit, ce minerai sera d'un emploi peu avantageux dans le haut-fourneau.

10° *Analyse du minerai de fer de Montseugny (Haute-Saône).*

Ce minerai est en grains bien ronds, dont la grosseur ne dépasse pas celle d'un pois, il n'est pas magnétique. Sa poussière est d'un jaune brunâtre. L'acide acétique ne l'attaque pas. L'acide muriatique le dissout avec dégagement de chlore. La potasse bouillante lui enlève une certaine quantité d'alumine. L'analyse a donné :

Perte au feu.	0,160
Peroxide de fer.	0,688
Oxide rouge de manganèse.	0,020
Alumine soluble.	0,060
Argile.	0,070
	0,998

D'après sa composition, ce minerai renferme 47 $\frac{1}{2}$ pour 100 de fer métallique, c'est un des minerais en grains les plus riches du département. La forte proportion d'alumine qu'il renferme exige qu'il soit fondu avec des minerais siliceux :

11° *Analyse du minerai de fer de Mornay (Haute-Marne).*

Ce minerai est en gros grains irréguliers, très-friables, non magnétiques. Leur poussière est d'un brun très-foncé; l'acide muriatique en dégage beaucoup de chlore. L'acide acétique ne l'attaque pas. Il est composé de :

Perte au feu.	0,156
Peroxide de fer.	0,386
Oxide de manganèse.	0,118
Alumine soluble.	0,036
Argile et sable.	0,300
	0,996

D'après sa composition ce minerai renferme 26 $\frac{1}{2}$ de fer métallique. La grande quantité d'oxide de manganèse qu'il renferme le rend d'une fusion facile.

12° *Analyse et essai du minerai de fer de Rupt (Haute-Saône).*

Ce minerai, dont le gisement appartient à un terrain d'alluvion, se trouve en grains irréguliers, de grosseur variable. Sa poussière est d'un jaune un peu brunâtre. Il renferme quelques grains magnétiques. L'acide acétique ne lui enlève qu'une trace de calcaire. L'acide muriatique le dissout avec dégagement de chlore. En le chauffant avec du *nitrate de potasse* dans le creuset d'argent et reprenant par l'eau, on obtient une liqueur fortement colorée en jaune, qui devient orangée par l'addition de l'acide nitrique, et verte par l'ébullition avec de l'acide muriatique; ces caractères dénotent suffisamment la présence du *chrôme.*

J'ai reconnu, en faisant bouillir le minerai avec du carbonate de potasse, que le chrôme n'était pas dans le minerai à l'état de chromate, car la liqueur alcaline ne s'est pas colorée.

L'argile, résidu du traitement par l'acide muriatique, essayée au creuset d'argent par le nitre et la potasse, n'a pas donné de liqueur colorée.

Le chrôme se trouve donc dans le minerai à l'état d'oxide vert soluble dans l'acide muriatique. L'analyse a donné :

Argile et sable	0,298
Perte au feu	0,146
Alumine soluble	0,040
Oxide rouge de manganèse	0,032
Oxide de chrôme	trace très-notable.
Peroxide de fer	0,480
Carbonate de chaux	trace.
	0,996

La présence du chrome n'avait pas encore été signalée dans les minerais de fer de la Haute-Saône. Le sol sur lequel se trouve l'alluvion qui renferme le minerai est constitué par les assises du terrain jurassique.

Composition de l'essai par voie sèche :

10 gr. minerai : minerai calciné	8,54
1,80 carbonate de chaux : chaux	1,01
Total des matières fixes	9,55

L'essai a bien fondu. On a eu :

Culot et scorie		8,10
Oxygène		1,45
Fonte et grenailles	3,30	8,10
Scorie	4,80	
Résidu insoluble	2,98	4,80
Fondant ajouté	1,01	
Matières solubles vitrifiables	0,81	

La fonte était blanche, à gros grains, bulleuse et irisée à la surface. Elle s'est cassée avec facilité sous le marteau. Traitée par l'acide muriatique, elle a dégagé, à une certaine époque de l'opération, une odeur très-sensible d'hydrogène phosphoré. Elle doit donc sa mauvaise qualité au phosphore qui proviendrait d'une certaine quantité de phosphate de fer renfermé dans le minerai ; la scorie était vitreuse, un peu bulleuse et d'un gris clair.

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites dans le laboratoire de chimie de Clermont, pendant l'année 1837;

Par M. BAUDIN, Ingénieur des mines.

1° *Analyse du graphite des Boudillets, commune d'Echassières (Allier).*

Ce graphite est disséminé en minces feuillets dans le micaschiste, qui forme le sol de la partie ouest de la commune d'Echassières.

La recherche qui a été faite par la Société Blanc et compagnie, concessionnaire des mines voisines de Nadde, laisse peu d'espoir d'une profitable exploitation.

Le gîte est pauvre et le graphite impur; les échantillons essayés ont donné à l'incinération 55 p. o/o de carbone et 45 de résidu terreux très-chargé d'oxide de fer.

2° *Série d'expériences analytiques et comparatives sur le schiste carbo-bitumineux de Menat, l'argile carbonifère de Boutaresse, l'argile carbonifère de Rochefort, et sur les noirs donnés par la calcination de ces matières.*

Ces expériences avaient entre autres buts celui de vider la question de concessibilité soulevée par la demande en concession *pour noir* du gîte de Boutaresse, canton d'Ardes (Puy-de-Dôme).

Les principaux résultats des analyses et essais faits, sont : que les pouvoirs décolorants des trois noirs ci-dessus peuvent être représentés par les nombres :

Menat,	Boutaresse,	Rochefort.
7	2	1

Que les densités (apparentes) desdits noirs en poudre, sont :

0,32	0,94	0,77

Que leurs teneurs p. o/o en carbone, sont :

16	9	4

Qu'ainsi les pouvoirs décolorants de ces noirs paraissent être en raison directe et de leur légèreté (de leur volume pour même poids), et de leur teneur en charbon ; résultat fort concevable *à priori*. Mais ce qui est assez remarquable, c'est que la teneur en carbone des noirs n'est point en raison des teneurs en parties végétales (eau comprise), des schistes et argiles carbonifères naturels ; car, elles ont été trouvées p. o/o, de :

36	37	20

Il semblerait donc que la nature du schiste de Menat (quant aux parties végéto-animales, qui, par leur distillation, donnent le noir), diffère essentiellement de celles des argiles carbonifères de Boutaresse et de Rochefort. Cette circonstance, jointe à sa très-grande légèreté, en fait jusqu'à présent un produit naturel essentiellement différent des argiles carbonifères ou lignites terreux de Boutaresse et Rochefort.

Il avait été avancé que le noir de Boutaresse avait sur celui de Menat l'avantage de ne point graisser le sucre, de donner une moindre proportion de sucre incristallisable (reproche grave fait au noir de Menat) ; l'expérience comparative faite au laboratoire, par le demandeur en concession lui-même sur du sucre brut de betterave, n'a absolument en rien confirmé cette assertion.

Les résultats obtenus des deux noirs ont été identiquement les mêmes, quant au sucre obtenu.

3° *Analyse et essai de la wacke bitumineuse de Malintrat, gite demandé en concession pour bitume.*

Les principaux résultats des recherches, dont cette roche a été l'objet, sont :

Que les parties riches, présentées comme exploitables par le demandeur, renferment en moyenne :

70 p. 0/0 matières minérales ;

30 p. 0/0 substances organiques, bitume, etc., en intime mélange dans la wacke.

Qu'elles ne peuvent pas être traitées pour en séparer le bitume par macération dans l'eau bouillante ; la séparation ne se faisant point.

Qu'on peut espérer seulement en extraire par une liquation bien entendue 15 à 20 p. 0/0 de bitume.

4° *Essai et analyse d'un échantillon de calcaire envoyé de la commune de Bonnac (Cantal).*

Ce calcaire a donné à l'essai une chaux grasse très-blanche foisonnant considérablement.

Les résultats de l'analyse sont les suivants :

Carbonate de chaux.	78
Résidu insoluble dans les acides. .	22
	100

Ce résidu est presque entièrement composé de sable quartzeux, à grains assez gros et visibles à l'œil dans le calcaire ; ce qui explique la nature grasse de la chaux, malgré le chiffre assez élevé du résidu insoluble.

5° *Analyse qualitative d'un échantillon (magnésite), remis par M. le sous-préfet de Montluçon, comme provenant des carrières de grès blanc de Magnier, près Commentry.*

Cet échantillon a été reconnu être un morceau d'écume de mer, et même un morceau très-pur et très-beau de cette substance d'une grande valeur commerciale.

Dans une excursion postérieure sur les lieux, on a reconnu que malheureusement l'écume de mer se trouvait très-rarement à Magnier en morceaux volumineux; elle semble y former la pâte d'un grès blanc horizontal d'époque problématique qui recouvre le terrain houiller de Commentry, se retrouve à Deux-Chaises dans une semblable position sur le terrain houiller de Fins, et paraît jouer un rôle important dans les formations de la partie nord-ouest du département de l'Allier.

6° *Essais faits sur des matières premières, apportées au laboratoire par M. Goullard, gérant des mines de Mègecoste, pour servir de guide dans la confection des mélanges des nouvelles verreries à vitres en construction.*

On a étudié, sous le rapport de la coloration principalement, les roches suivantes:

La pegmatite de Vezezoux;

Les ponces de Saint-Yvoine;

Les sables blancs de Chameson;

Le calcaire de Lauriat;

Les essais ont appris qu'employés avec le calcaire de Lauriat, les sables de Chameson donneraient un verre à vitre de très-belle qualité;

La pegmatite de Vezezoux, un verre déjà sensiblement coloré en vert;

Les ponces d'Issoire, un verre encore plus fortement coloré, et qui ne serait propre qu'à la fabrication de vitres très-communes.

M. Goullard, sous les yeux duquel ont été faits ces essais, a d'ailleurs été prévenu de ne pas trop compter sur la pegmatite de Vezezoux, se pouvant que la présence de l'alumine dans la composition de son verre en rendît le travail difficile.

7° *Essais qualitatifs d'échantillons (titane rutile), recueillis par des paysans dans la terre arable du domaine de Saugère, commune de Servant (Puy-de-Dôme).*

Parmi ces échantillons, il en était qu'à leur seul faciès, on ne pouvait méconnaître pour du titane rutile, d'autres en petits cristaux complets maclés comme l'étain oxidé, et présentant sa couleur brun-noirâtre, pouvaient être confondus avec ce dernier minéral.

Mais leur pesanteur spécifique qui a été trouvée de 4,23 et leurs réactions chimiques ont mis hors de doute leur nature (titane oxidé).

Dans une visite postérieure des lieux, on a reconnu que ces titanes étaient disséminés dans un gneiss à grenats très-remarquable, qui occupe une assez grande étendue de pays le long de la petite rivière de la Sauge.

Il serait intéressant, vu la similitude de gisement, de rechercher par lavages de l'étain oxidé dans les sables de la Sauge.

8°. *Essais pour traitement de l'antimoine oxidé de Chomadoux, commune de Messeix (Puy-de-Dôme), échantillons remis au laboratoire par les exploitants.*

Il résulte des essais auxquels on s'est livré qu'on

tenterait vainement d'opérer sur ces minerais par liquation du régule, comme on opère sur le minerai ordinaire par liquation du sulfure (Idée première qui s'était présentée).

Il arrive bien en essayant cette liquation du minerai, préalablement mêlé avec proportion convenable de charbon ou de bois sec, que l'oxide d'antimoine se réduit; mais le régule ne se forme point en culot, ne se sépare point de sa gangue quartzeuse; en un mot la liquation n'a pas lieu.

Par suite, il ne resterait de mode de traitement applicable à l'oxide que la fonte directe du minerai lui-même; et ce traitement, en effet, a donné avec flux noir 32 p. o/o de régule.

Ce rendement est assez grand pour compenser les dépenses d'alcali, au cas où on opérerait la fusion dans de simples creusets, comme dans la méthode ordinaire.

Toutefois, il faut reconnaître que ce minerai oxidé (mine blanche), doit être estimé à une bien moindre valeur que le sulfure (mine bleue), non-seulement en raison des plus grandes difficultés de traitement; mais aussi en raison de sa moindre richesse; la transformation du sulfure en oxide n'ayant point eu lieu sans entraînement d'une portion notable du minerai oxidé par l'agent oxidant.

9° *Essai pour argent d'un mispickel, provenant du canton d'Ardes.*

La teneur a été trouvée de 5 gros 8 grains au quintal de schlich.

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites dans le laboratoire de chimie de Marseille, pendant l'année 1837;

Par M. DIDAY, Ingénieur des mines.

1° *Bois et charbons de bois.*

Au mois d'avril 1837 on essaya, à l'usine de Velleron (Vaucluse), d'amener du bois à l'état de charbon roux par une carbonisation en meule. L'expérience, bien que conduite un peu trop rapidement, donna cependant des résultats assez satisfaisants pour ne pas laisser de doute sur la possibilité d'arriver, avec un peu plus de soin et d'habitude, au but que l'on s'était proposé. Les deux tiers environ de la meule avaient été amenés à l'état de charbon roux, ou du moins à un état très-voisin de celui que l'on désirait atteindre. Malheureusement la négligence de la personne chargée de tenir note des pesées n'a pas permis de connaître exactement le rendement du bois. Il sera donc nécessaire que ces essais soient recommencés, et ils pourront probablement l'être avant la fin de l'année. En attendant, j'ai pensé qu'il serait intéressant de connaître la composition et le pouvoir calorifique des divers produits de cette opération, et j'ai réuni dans le tableau suivant les résultats des essais faits pour cet objet.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Matières volatiles. . . .	0,857	0,854	0,714	0,164	0,138
Charbon.	0,135	0,140	0,257	0,804	0,812
Cendres.	0,008	0,006	0,029	0,032	0,050
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Pouvoir calorifique. .	0,390	0,397	0,527	0,904	0,856

(1) Bois de chêne vert de la forêt de Saint-Martin-de-Castillon (Vaucluse). Il provenait d'un taillis de 12 ans, et n'avait que 15 jours de coupe. Celui que l'on a carbonisé était en rondins d'environ $0^m,06$ de diamètre, et débité à la scie en morceaux de $0^m,12$ à $0^m,15$ de longueur. Il pèse, à cet état, 540 kilogrammes le mètre cube.

(2) Même bois ayant éprouvé un commencement de dessiccation. Ce sont les morceaux qui se trouvaient à la surface de la meule. Ils sont fendillés, et ont pris une couleur brune très-claire; mais les fibres n'ont presque rien perdu de leur flexibilité.

(3) Charbon roux ou fumeron formant la plus grande partie de la meule. Il ne paraît pas avoir éprouvé de retrait dans le sens de la longueur; mais il est divisé par un grandnombre de fentes partant du centre et dirigées parallèlement aux fibres. Il est d'un brun chocolat, se casse sans plier, mais conserve cependant assez de tenacité pour ne pouvoir être pilé. On ne peut en avoir de la poussière qu'au moyen de la scie ou de la râpe. Il pèse 435 kilogrammes le mètre cube.

(4) Charbon provenant du centre de la meule. Il n'est pas encore complétement carbonisé : sa couleur est le brun noirâtre; il conserve un peu d'élasticité, mais cependant il se laisse piler.

(5) Charbon que l'on fait habituellement avec le même bois. Il était en magasin depuis quelques jours, et devait par conséquent avoir absorbé une certaine quantité d'humidité. Il pèse 270 kilogrammes le mètre cube.

On voit, d'après ces résultats, que le charbon roux doit produire, à volume égal, la même quantité de chaleur que le charbon noir. En effet, le produit de la meule d'essai a été chargé en remplacement d'un volume égal de charbon, sans que l'allure du fourneau ait été changée. Mais cette expérience ne peut suffire pour faire considérer ce résultat comme certain.

2° *Tourbe de Velleron* (*Vaucluse*).

Le terrain qui constitue la plaine de la Sorgue, entre Avignon et l'Isle, renferme presque partout trois ou quatre couches de tourbe, situées à une profondeur peu considérable. La puissance de ces couches augmente avec la profondeur, et la dernière atteint une épaisseur de $0^{m},70$. La tourbe est noire, assez légère, et paraît entièrement formée de roseaux dont on distingue les tiges et les feuilles.

L'échantillon essayé a été pris près du haut-fourneau de Velleron. Il a été exposé au soleil trop peu de temps pour que sa dessiccation puisse être considérée comme complète. Il est composé de la manière suivante :

Matières volatiles.	0,653
Charbon.	0,173
Cendres.	0,174
	1,000

Son pouvoir calorifique est de 0,360.

Il est fort douteux que l'exploitation de cette tourbe puisse être avantageuse, surtout si l'on a égard à l'abondance des eaux et au prix élevé des terrains dans cette partie de la Provence.

3° *Lignites.*

	Sainte-Croix de la Lauze. (1)	Cereste. (2)	Auribeau. (3)	Nyons. (4)
Matières volatiles. .	0,593	0,586	0,497	0,493
Charbon.	0,358	0,343	0,455	0,370
Cendres.	0,049	0,071	0,048	0,137
	1,000	1,000	1,000	1,000
Pouvoir calorifique.	0,601	0,60[illegible]	0,585	0,481
Composition des cendres.				
Chaux.	0,264	0,309	0,474	0,156
Oxide de fer. . . .	0,513	0,376	0,515	0,386
Sable et argile. . .	0,223	0,315	0,011	0,458
	1,000	1,000	1,000	1,000

(1) Lignite de Sainte-Croix-de-la-Lauze (Basses-Alpes). Il appartient à la seconde formation d'eau douce de la Provence. Ce terrain renferme, à Sainte-Croix, trois couches de charbon presque

horizontales, dont l'épaisseur varie de 0m,40 à 0m,75, et dont par conséquent l'exploitation est très-difficile. Comme d'ailleurs le charbon est fréquemment mêlé de rocher, et qu'il s'altère très-rapidement à l'air, on a abandonné cette mine qui n'avait jamais donné de bénéfices à l'exploitant. Le charbon contient 0,078 de pyrites.

(2) Lignite de Cereste (Basses-Alpes); dans le même terrain que le précédent. L'échantillon essayé a été pris dans des travaux de recherches, et assez près des affleurements. Il contient 0,064 de pyrites.

(3) Lignite d'Auribeau (Basses-Alpes). Il provient de travaux de recherches entrepris dans les marnes de la molasse. Il conserve encore l'aspect ligneux, et brûle avec une belle flamme, en répandant l'odeur désagréable qui est propre aux bois bitumineux. Il donne 0,029 de pyrites.

(4) Lignite de Nyons (Drôme). L'échantillon a été pris dans d'anciens travaux ouverts sur une couche dont on a dernièrement demandé la concession. Son gisement est dans une roche arénacée, désignée par M. Gras sous le nom de sables bigarrés, et considérée par lui comme étant d'eau douce, mais qui devrait peut-être plutôt être rapportée aux grès verts. Sa teneur en pyrites est de 0,048.

Lignite de Coudoux (Bouches-du-Rhône). Ce lignite, exploité dans le terrain d'eau douce inférieur, est tellement friable et terreux qu'on n'avait jamais pu l'utiliser comme combustible. On l'emploie aujourd'hui en grand à la désinfection des matières fécales. Un seul essai a été fait pour comparer son pouvoir décolorant à celui du noir animal de bonne qualité. On a constaté qu'à poids

égaux, les pouvoirs décolorants de ces deux noirs étaient dans le rapport de 0,45 à 1.

4° *Anthracites.*

	Meironnes. (1)	Verdache. (2)	Verdache. (3)
Matières volatiles. . . .	0,146	0,108	0,103
Charbon.	0,640	0,761	0,752
Cendres.	0,214	0,131	0,145
	1,000	1,000	1,000
Composition des Cendres.			
Chaux.	0,610	0,032	0,048
Oxide de fer.	0,195	0,156	0,116
Sable et argile.	0,195	0,812	0,836
	1,000	1,000	1,000

(1) Anthracite de Meironnes (Basses-Alpes). Elle constitue une couche d'environ 2 mètres de puissance, qui s'enfonce presque verticalement dans un calcaire appartenant à l'étage des grès verts. Elle n'a encore été exploitée que sur les affleurements, et l'on n'en consomme qu'une petite quantité, sur les lieux, pour la cuisson de la chaux et le chauffage domestique. Des travaux plus considérables avaient été entrepris sous la direction de M. l'ingénieur Gardien; mais ils n'ont pas été couronnés de succès. Leur reprise serait sans doute un grand bienfait pour un pays qui reste huit mois sous la neige, et où le bois est extrêmement rare. Mais la commune de Meironnes est trop pauvre pour pouvoir les faire exé-

cuter, et il serait à désirer que l'administration ou le conseil général du département vinssent à son secours pour cet objet. Le charbon que l'on extrait actuellement est d'un noir terne, compact, et assez dur : il s'allume difficilement et brûle sans flamme. Il ne contient que 0,0024 de pyrites.

(2)(3) Anthracites de Verdache (Basses-Alpes). Entre Digne et Seyne, et à quelque distance de la route, on rencontre une formation de grès assez puissante, mais qui n'occupe qu'une très-petite étendue. Ce grès, qui passe quelquefois au quartzite, renferme aussi des bancs d'argile, dans lesquels se trouvent une grande quantité de pyrites en rognons, et d'empreintes végétales consistant principalement en fougères et calamites. C'est dans ces bancs presque horizontaux que sont intercalées trois couches d'anthracite dont la puissance est d'environ 0m,30, mais qui, étant peu distantes les unes des autres, pourraient être exploitées ensemble.

Cette formation est inférieure au calcaire à gryphées arquées, qui constitue presque entièrement le terrain de lias de la Provence. Elle présente d'ailleurs la plus grande analogie avec le terrain à anthracite de la Mure, auquel probablement elle doit être rapportée.

On trouve à Verdache deux variétés d'anthracite : l'une est friable et formée de petites lames ayant un éclat analogue à celui de la plombagine; l'autre, plus compacte, et d'un aspect terne, ressemble à certaines variétés de houille dure. Leur composition est cependant à peu près la même, ainsi que l'indiquent les deux analyses ci-dessus. La première contient 0,0048 de pyrites, et la seconde 0,0040.

Les pouvoirs calorifiques des trois anthracites analysées sont représentés à très-peu près par le même chiffre que leur teneur en charbon fixe.

5° *Gypse des Camoins* (*Bouches-du-Rhône*).

On reprochait au plâtre donné par cette pierre d'être très-difficile à broyer lorsqu'il avait été cuit à la même température que les autres plâtres, et de brûler les mains des ouvriers lorsqu'il avait supporté une plus forte chaleur. Ces défauts sont dus sans doute à la présence d'une assez forte proportion de carbonate de chaux. Il contient :

Eau.	0,139
Sulfate de chaux.	0,714
Carbonate de chaux	0,137
	0,990

6° *Calcaires*.

	Velaux. (1)	Vernègues. (2)	Sigonce. (3)
Carbonate de chaux.	0,992	0,851	0,820
Silice devenue soluble après la calcination	0,008	0,008	0,168
Alumine, *id*.	»	»	0,012
Sable.	»	0,140	»
	1,000	0,999	1,000

Ces trois calcaires appartiennent à la seconde formation d'eau douce : les deux premiers, provenant des Bouches-du-Rhône, ne donnent pas de chaux hydraulique. Celle que produit le calcaire de Sigonce (Basses-Alpes) est au contraire fort recherchée dans les environs pour les constructions exposées à l'humidité.

Chaux du moulin du Palais (Basses-Alpes).

Chaux.	0,73
Silice.	0,05
Alumine.	0,03
Oxide de de fer	0,01
Sable et argile.	0,18
	1,00

L'expérience, d'accord avec cette analyse, a fait voir qu'elle ne possédait point les propriétés hydrauliques qu'on lui attribuait.

7° *Dolomies.*

Deux échantillons de dolomies ont été essayés : l'un provenait de la Nerthe, près de Marseille ; l'autre du rocher sur lequel est bâti le fort Saint-Nicolas. Tous les deux ont présenté la composition atomique du carbonate double de chaux et de magnésie, sans mélange de substances étrangères.

Les chaux qu'ils ont données par calcination ne sont point hydrauliques.

8° *Dépôt formé par les eaux thermales d'Aix (Bouches-du-Rhône).*

Carbonate de chaux.	0,742
Carbonate de magnésie	0,083
Sable.	0,175
	1,000

9° *Grès de Saint-Étienne-les-Orgues (Basses-Alpes).*

Il appartient au terrain de molasse. On l'emploie pour des constructions qui doivent résister au feu. Il est probable cependant, d'après sa composition, qu'il ne supporterait pas une température élevée. Il contient :

Carbonate de chaux.	0,589
Oxide de fer	0,023
Quartz.	0,388
	1,000

10° *Quartz de Murs* (*Vaucluse*).

Il présente un aspect semblable à celui de l'opale, qui doit sans doute être attribué à la silice gélatineuse qu'il renferme. Sa composition est la suivante :

Eau.	0,009
Silice gélatineuse . . .	0,076
Quartz	0,915
	1.000

11° *Argiles.*

Les analyses ci-après sont incomplètes en ce qu'on n'a pas recherché la quantité de sable que renferment les argiles examinées.

Le dosage de la silice et de l'alumine a été fait au moyen d'une attaque à la potasse ; la partie soluble dans l'acide muriatique a été analysée par les procédés ordinaires.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Eau.	0,070	0,088	0,038	0,114	0,038	0,135
Silice. . . .	0,765	0,740	0,875	0,640	0,820	0,565
Alumine. .	0,165	0,172	0,087	0,246	0,142	0,300
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Eau.	0,102	0,065	0,096	0,128	0,062
Carbonate de chaux. .	0,020	0,043	0,027	0,018	0,270
Oxide de fer.	0,058	0,068	0,045	0,144	0,046
Silice.	0,640	0,644	0,626	0,502	0,454
Alumine.	0,180	0,180	0,206	0,208	0,168
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	(12)	(13)	Lincel. (14)	Saint-Saturnin. (15)	Sigonce. (16)
Eau.	0,194	0,065	0,036	0,048	0,102
Carbonate de chaux. . .	0,414	0,140	0,248	0,336	0,046
Carbonate de magnésie.	»	»	0,034	»	»
Oxide de fer.	0,080	0,095	0,073	0,064	0,044
Silice.	0,268	0,650	0,417	0,428	0,640
Alumine.	0,044	0,050	0,180	0,124	0,168
	1,000	1,000	0,988	1,000	1,000

Les argiles du n° 1 au n° 13 sont celles que l'on emploie dans les fabriques de poterie d'Apt (Vaucluse) : elles sont exploitées dans les environs de cette ville. Elles se trouvent toutes dans la formation de sables et argiles bigarrés, qui constitue la partie inférieure du second terrain d'eau douce de la Provence, à l'exception toutefois des argiles n°s 11 et 12, qui appartiennent au calcaire d'eau douce supérieur à ces sables.

(1).(2) Argiles des quartiers des Eygaux et de

Saint-Lazare. Elles forment la base de la pâte employée dans les fabriques d'Apt. Elles sont parfaitement blanches.

(3) Argile du quartier de Notre-Dame-des-Anges. Elle n'a pas d'emploi. Son aspect l'avait fait prendre pour un kaolin; mais, indépendamment de la différence de gisement, on voit combien elle s'en éloigne par sa composition. Elle ne fait pas bien pâte avec l'eau.

(4) Argile du quartier de Saint-Lazare. Elle constitue, sans aucun mélange, une bonne pâte pour les poteries fines.

(5) Argile du quartier des Tourettes. Cette argile très-siliceuse est employée pour l'émail dans toutes les fabriques de Provence; et, bien que dans plusieurs localités elle revienne à un prix assez élevé, à cause de l'éloignement, on n'a cependant pas encore pu la remplacer.

(6) Pâte préparée pour la fabrication de la poterie paille. Cette poterie, ainsi nommée à cause de la couleur du vernis, a une pâte assez fine, et présente surtout l'avantage de résister au feu bien mieux que la faïence ordinaire et la terre de pipe. Cette qualité la fait rechercher et assure un débouché considérable aux produits des fabriques d'Apt, dont elle forme la plus grande partie.

(7) (8) Argiles ferrugineuses des quartiers des Eygaux et de Saint-Lazare, employées à la fabrication des carreaux et de la poterie commune. On fabrique à Apt une grande quantité de petits carreaux hexagones, appelés *tomettes*, qui servent au carrelage des appartements, l'usage des parquets en bois étant presque inconnu en Provence.

(9) Argile alumineuse du quartier de Saint-Lazare, que l'on ajoute quelquefois à la pâte pour lui donner plus de liant.

(10) Argile du quartier des Tourettes. Elle sert à faire des gazettes et autres pièces destinées à supporter des variations de température.

(11) Argile marneuse de Gargas. Elle entre dans la composition des pâtes qui servent à faire la poterie commune.

(12) Argile marneuse qui se rencontre dans un banc de calcaire feuilleté (dit Lauzes), au quartier du Puy et des Ramades, commune de Cazeneuve. Elle entre quelquefois en petite quantité dans la pâte de la poterie paille.

(13) Argile schisteuse du quartier des Tuilières, employée à la fabrication des grandes pièces, telles qu'amphores, vases d'orangers, etc.

(14) Argile employée à la tuilerie de Lincel (Basses-Alpes). Elle s'exploite près de là dans le calcaire d'eau douce supérieur qui renferme les mines de lignite de ce département.

(15) Argile de Saint-Saturnin (Vaucluse), appartenant au même terrain. Elle sert à faire des tuiles et des briques. On l'a employée au fourneau de Velleron, comme fondant pour le minerai de fer de Rustrel, qui est très-siliceux. Mais elle est trop peu alumineuse pour cela, et l'on a été obligé de la remplacer par un mélange de calcaire et d'argile de Bedoin, qui contient 30 p. o/o d'alumine.

(16) Argile de Sigonce (Basses-Alpes). Elle appartient encore au même terrain. On en a fait des briques qui résistent bien au feu. Peut-être quelques fouilles donneraient-elles une argile encore plus pure et propre à la confection de briques réfractaires.

Argile du quartier des Laurons de Cazeneuve, près d'Apt (Vaucluse).

Elle se trouve entre des bancs de schiste calcaire : elle ressemble beaucoup, par son aspect, à de la cire jaune, et elle est aussi un peu onctueuse au toucher. Elle contient :

Eau	0,242
Silice gélatineuse	0,060
Oxide de fer	0,060
Silice	0,405
Alumine	0,220
	0,987

En ne tenant pas compte de la petite quantité d'hydrate de fer et de silice gélatineuse qu'elle renferme, elle serait représentée par la formule $Al Si^2 Aq^2$, qui est celle de quelques halloysites; mais lorsqu'on a enlevé le fer par l'acide muriatique, et la silice gélatineuse par la potasse, le résidu n'est point attaqué par les acides nitrique ou muriatique. Elle n'a du reste aucun emploi.

12° *Terres végétales.*

La plupart des terres, dont les analyses suivent, ont été envoyées au laboratoire par des propriétaires, et souvent il n'a pas été possible de connaître d'une manière bien exacte la nature du terrain dans lequel les échantillons avaient été recueillis.

L'eau et les matières organiques ont été dosées par grillage, et l'argile séparée du sable en la délayant dans l'eau, après avoir enlevé l'oxide de fer et le carbonate de chaux par l'acide muriatique faible.

	Trets. (1)	Miramas. (2)	Miramas. (3)	Marignane. (4)	Marignane. (5)	Gignac. (6	Peipin. (7)
Sable	0,320	0,284	0,430	0,160	0,140	0,230	0,158
Argile	0,464	0,420	0,404	0,322	0,143	0,286	0,390
Oxide de fer.	0,036	0,048	0,054	0,048	0,065	0,028	0,052
Carbonate de chaux.	0,106	0,188	0,057	0,383	0,594	0,397	0,333
Humus et eau	0,074	0.060	0,055	0,087	0,058	0,059	0,067
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Gardanne. (8)	Auriol. (9)	Le Grand-Nans. (10)	Le Grand-Nans. (11)	La Cadière. (12)	Notre-Dame de Brue. (13)	Notre-Dame de Brue. (14)
Sable	0,264	0,070	0,360	0,274	»	0,728	0,468
Argile	0,292	0,214	0,264	0,530	0,392	»	0,016
Oxide de fer.	0,048	0,050	0,028	0,044	0,010	0,004	0,022
Carbonate de chaux.	0,347	0,592	0,289	0,078	0,578	0,234	0,408
Humus et eau. . . .	0,049	0,074	0,059	0,074	0,020	0,034	0,086
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	La Claparède. (16)	Ste-Thérèse. (17)	Lincel. (18)	Lincel. (19)	Lincel. (20)	Notre-Dame de Brue. (15)
Sable.	0,136	0,162	0,236	0,614	0,134	0,664
Argile	0,256	0,202	0,220	0,110	0,350	0,048
Oxide de fer.	0,044	0,048	0,036	0,016	0,024	0,010
Carbonate de chaux.	0,461	0,497	0,440	0,227	0,440	0,230
Humus et eau.	0,103	0,091	0,068	0,033	0,052	0,048
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

(1)(6)(7)(8)(9) Terres du département des Bouches-du-Rhône. Le sol est un calcaire marneux : elles sont principalement cultivées pour vignobles et plantations d'arbres fruitiers.

(2)(3) Alluvions de la Crau, même département. Prairies naturelles et céréales.

(4)(5) Alluvions des bords de l'étang de Berre, même département. Ces terres produisent d'excellents blés.

(10)(11)(12)(13)(14)(15) Terres du département du Var. Les trois premières sont plantées en vignes. Les autres sont incultes : on les améliorerait probablement en les marnant, surtout les n^{os} (13) et (15).

(16) Terre du plateau de la Claparède, entre Apt et Pertuis (Vaucluse). On y cultive des céréales; mais le terrain rend fort peu : il est très-pierreux, et la température y est souvent fort basse.

(17) Terre, dite *grèse*, qui forme presque toutes les parties cultivées de la vallée de Calavon (Vaucluse).

(18)(19)(20) Terres de la vallée de Largue (Basses-Alpes). On y cultive des céréales ; mais elles ne donnent que de faibles produits.

13° *Minerai de fer de Rustrel* (*Vaucluse*).

Il se trouve dans les sables bigarrés qui forment la partie inférieure du second terrain d'eau douce. Il y constitue une couche que l'on suit sur plusieurs kilomètres de longueur, dans la vallée de la Doué, près d'Apt, et qui, au quartier de Notre-Dame-des-Anges, d'où provient l'échantillon analysé, présente une puissance moyenne de 3 mètres. Il est presque partout exploitable à ciel ouvert. Il contient :

Eau.	0,128
Silice.	0,180
Peroxide de fer.	0,692
	1,000

Il renferme par conséquent 0,477 de fer métallique.

La silice est toute à l'état de sable quartzeux.

Des essais, pour y rechercher le soufre, ont été faits sur divers échantillons, que l'on a attaqués, soit par l'eau régale, soit par le nitre. On n'a jamais eu de traces d'acide sulfurique. L'aspect du minerai l'avait fait considérer comme manganésifère; mais l'analyse n'y a point indiqué la présence de ce métal.

14° *Laitier du haut-fourneau de Velleron* (*Vaucluse*).

Il provient d'un bon roulement à l'air froid. Le combustible employé était un mélange, à volumes égaux, de bois et de charbon. On fondait du minerai de Rustrel non grillé, auquel on ajoutait 18 p. o/o d'argile de Bedoin, et 25 de castine. Les laitiers coulaient très-facilement : ils étaient bien vitrifiés, et d'une belle couleur améthyste. Pulvérisés ils deviennent tout à fait blancs. Ils ne contiennent ni fer, ni manganèse ; on n'y a pas non plus reconnu de traces de soufre. Leur analyse a donné les résultats suivants :

Silice.	0,480
Alumine.	0,125
Chaux	0,357
Magnésie	0,022
	0,984

Cette composition est représentée par la formule $B^3 Si^2$.

15° *Scories d'anciennes forges près de Rustrel (Vaucluse).*

Ces scories se trouvent fort abondamment, et constituent, en quelques points, des amas de plusieurs mètres d'épaisseur. La tradition du pays n'indique point l'époque à laquelle elles doivent être rapportées. Elles sont souvent vitrifiées et semblables à des laitiers. L'eau régale ne les attaque que difficilement, et jamais complétement. Elles contiennent :

Silice	0,368
Protoxide de fer. . .	0,504
Alumine.	0,020
Chaux	0,079
Magnésie.	0,023
	0,994

Ce qui correspond à la formule B^5Si^6.

Elles contiennent 0,393 de fer métallique.

16° *Minerai de plomb d'Auribeau (Basses-Alpes).*

C'est un sulfure de plomb que l'on rencontre accidentellement dans des filons de sulfate de baryte qui traversent le calcaire jurassique des environs de Digne. Il présente l'aspect d'une galène antimoniale : néanmoins on n'y a trouvé ni arsenic, ni antimoine. Son analyse n'a donné que du soufre et du plomb dans les proportions qui constituent la galène.

Du minerai complétement débarrassé de sa gangue a été coupelé directement ; il n'a donné que 0,0005 d'argent.

DESCRIPTION

Des outils employés dans les travaux de sondage les plus récents;

Par M. DEGOUSÉE, Ingénieur civil.

Depuis dix ans que je me livre au forage des puits artésiens, je crois avoir rencontré toutes les difficultés qui peuvent venir compliquer cette industrie. Il s'en présente peu maintenant qui ne se soient déjà offertes à moi dans quelqu'un des sondages que j'ai effectués, au nombre de plus de 150 et le plus souvent à la profondeur de 2 ou 300 mètres.

Convaincu qu'il pourra être utile à ceux qui se livrent à ce genre de travaux, de connaître les moyens et les procédés que l'expérience m'a décidé à préférer, ainsi que les instruments dont l'usage m'a semblé le meilleur, après de longs et pénibles essais, j'ai cherché, dans la présente notice, à atteindre ce résultat. Je désire que les sondeurs qui la liront y trouvent des indications pratiques et des méthodes sanctionnées par l'application, sans qu'ils soient obligés, pour arriver à ce but, de passer par les tentatives nombreuses auxquelles je me suis livré.

Une observation me semble indispensable, avant d'entrer dans le corps de mon sujet. Je tiens à faire ressortir l'importance de la méthode qui m'a permis, dans mes dernières années de travaux, de surmonter des obstacles qui, jusqu'alors, m'auraient complétement arrêté. C'est la méthode des tubages. C'est grâce à elle que j'ai

pu, par exemple, dans un sondage au Mans, descendre jusqu'à 200 mètres de profondeur, avec trois colonnes de tuyaux, en traversant dix couches de sables fluides, séparées par des grès calcaires et des grès verts.

A l'aide de cette méthode, on peut en quelques jours, avec une colonne de tuyaux et une soupape à boulet, traverser les terrains les plus coulants, comme les sables aquifères, eussent-ils une épaisseur de 20 mètres; tandis que, si l'on ne descend les tubes qu'après l'attaque des sables, comme par le procédé ordinaire, le succès du forage n'est rien moins que certain et sa durée peut atteindre plusieurs mois.

D'après cette opinion basée pour moi sur des faits nombreux et incontestables qui m'ont amené à ne plus commencer de forage, sans joindre à l'équipage de sonde un ou plusieurs jeux de tuyaux, j'ai dû, dans ma notice, développer avec beaucoup de soin ce qui est relatif à la méthode des tubes.

Chaque colonne de tubage rétrécissant le diamètre du puits au moins de la double épaisseur des tuyaux, il est évident que la nécessité de tuber entraîne celle de donner aux forages un plus grand diamètre que dans la méthode ordinaire. C'est un point essentiel dont l'inobservation a forcé d'abandonner plusieurs forages, à cause du trop grand rétrécissement survenu par suite de plusieurs tubages successifs.

Pour éviter cet inconvénient, j'insiste avec des détails minutieux sur l'emploi des outils élargisseurs, tels que la patte d'écrevisse et le trépan à ressort.

C'est à ces outils que je dois le succès du forage

du Mans, dont j'ai parlé plus haut; c'est eux qui m'ont permis d'arriver, comme je l'ai fait à Saint-Fargeau, à la profondeur de 200 mètres, en traversant à l'aide de deux seules colonnes de tuyaux les terrains inférieurs du terrain crétacé.

Pièces accessoires.

Clef de relevée. Clef de retenue. Tête de sonde. Manivelle de manœuvre. S placée à l'extrémité du câble.

Clef de relevée ou pied-de-bœuf. (*Pl. IV, fig.* 1.) La figure 1 représente la clef de relevée vue de face et vue de profil.

a anneau tournant sur une rondelle;

b chevillette servant à éviter l'échappement de la tige, en cas de secousse;

c montant pour soutenir l'épaulement de la tige.

Clef de retenue (*fig.* 2). La clef de retenue se place sur le plancher et reçoit les tiges, en les prenant au-dessous de deux arêtes qui se trouvent à 18 centimètres plus bas que leur épaulement, où elles sont saisies par les mâchoires du pied-de-bœuf.

Tête de sonde (*fig.* 3). La tête de sonde a la partie supérieure semblable à la clef de relevée, et la partie inférieure semblable aux tiges : elle s'emploie pour la percussion, en passant son anneau dans l'œil du câble.

Si l'on battait avec la clef de relevée, il y aurait souvent échappement et parfois rupture des outils.

Manche à vis de pression ou manivelle de manœuvre (*fig.* 4). L'on se servait autrefois d'un manche creusé dans le milieu, dans lequel les

tiges descendaient; et, pour la manœuvre, on fixait la tige au moyen de coins qui s'enfonçaient à coups de marteau.

Cette opération gênante avait en outre l'inconvénient, que pour dégager les coins, les coups, en secouant la sonde, causaient un ébranlement qui parfois désagrégeait ou vidait les matières contenues dans les tuyères.

Le manche actuel est en bois, garni de ferrures. La tige se place en *a* : sur elle se ferme la charnière *b*, qui est maintenue fermée par une chevillette traversant le piton *c* fixé au manche. Ensuite l'on serre la vis *d* qui pénètre dans la tige et la maintient.

Lorsqu'on veut monter ou descendre la tige, suivant le besoin du travail, il suffit de desserrer la vis *d*, et quand on veut séparer le manche de la tige, on retire la chevillette *c*, et la charnière *b* s'ouvre.

Dans une grande sonde, les tiges ne sont pas toutes de la même grosseur : afin donc qu'elles puissent chacune être également emboîtées dans la coche du manche, on le munit d'une petite boîte de rechange : cette boîte, au moyen du bouton *e*, s'incruste dans le manche, et réduit ainsi de toute son épaisseur celle de la première coche.

S *placée à l'extrémité du câble* (*fig.* 5). Cette pièce sert à accrocher soit le pied-de-bœuf ou clef de relevée lorsque l'on monte ou qu'on descend la sonde, soit la tête de sonde, lorsqu'on agit par percussion. Cette pièce doit être en bon fer corroyé, parce qu'elle supporte tous les efforts et le poids de la sonde.

Deux œils placés aux extrémités servent à

passer une ficelle qui empêche, d'un côté, l'S de quitter le câble, et, de l'autre, maintient la tête de sonde ou le pied-de-bœuf.

La grosseur du fer doit être la même que celle des tiges du haut de la sonde.

a câble.

b boucle du câble.

c pièce en fer présentant la forme d'une S.

d ficelle pour obvier aux échappements.

e pied-de-bœuf vu de côté.

Outils élargisseurs.

Trépan à ressort. Patte d'écrevisse.

Trépan à ressort (*fig.* 6). Lorsqu'un tuyau est descendu dans un trou de sonde, le forage ne peut se continuer qu'au diamètre intérieur de ce tuyau : ce qui empêche la colonne de continuer à descendre suivant l'approfondissement obtenu, à moins que la base ne soit un terrain sans consistance et ne cède : autrement, un banc de roche, de la moindre épaisseur possible, suffit pour arrêter la colonne.

C'est pour surmonter cette difficulté que j'ai imaginé le trépan élargisseur représenté (*fig.* 6). Dans la *fig.* 6' une des plaques est enlevée pour laisser voir sa construction intérieure.

a fort ressort d'étau servant à maintenir l'écartement des deux lames *b,b*.

b,b lames d'acier maintenues par deux boulons *c* sous deux forts épaulements pris dans la masse.

Cet outil agit par percussion. Pour l'entrer dans le tuyau, l'on serre fortement avec les mains les joues *b,b*, en ayant soin que la colonne de tuyaux

soit préalablement relevée de $0^m,25$ à $0^m,30$ au moins au-dessus de la roche que l'on veut élargir, et qui a dû précédemment être forée au diamètre intérieur des tubes.

Le trépan, arrivé à la base des tuyaux, et n'ayant plus ses lames prisonnières dans leurs parois, s'ouvre par la force des ressorts intérieurs : on sonne ; et en tournant à chaque coup le manche directeur des tiges, l'on fait un trou suffisamment large pour que la colonne puisse passer librement. On renouvelle la même manœuvre à chaque banc de roche, et la colonne peut filer ainsi tant que la pression horizontale n'est pas trop forte.

Patte d'écrevisse (*fig.* 7). Lorsqu'une colonne de tuyaux a été descendue dans un trou de sonde et qu'à la base de la colonne l'on rencontre soit une couche de craie, soit une couche de marne ou d'argile, cet outil s'emploie utilement pour travailler au-dessous des tuyaux sur un diamètre plus grand que leur extérieur même et permettre ainsi de les pousser plus avant.

Pour descendre cet outil, l'on serre fortement les mâchoires *b* avec les mains pour les introduire dans le tube, en faisant obéir le ressort *a*, qui reprend son élasticité aussitôt que l'outil est hors des tuyaux : alors, en rôdant, l'on élargit le trou précédemment fait.

Cet outil sert encore à faire reconnaître si une colonne est blessée et à quelle profondeur l'inconvénient doit être réparé.

Tarières avec soupapes à boulet. Tarière à boulet et à langue de serpent.

Tarières avec soupapes à boulet (*fig.* 8 et 9).

La soupape à anse (*fig.* 8), se manœuvrant à la corde, est d'un bon usage dans un trou de sonde libre et pour agir sur des sables fluides peu comprimés : un mouvement de pompage fait monter et descendre le boulet *a* dans l'espace *b*; il ne peut s'élever plus haut, la bride *c* lui barrant le chemin, et il ne peut sortir, retenu qu'il est par le coquetier *d* en fer tourné.

L'abaissement de la tarière enlève le boulet en *c* et laisse vide le passage *e*; le sable s'y place; l'enlèvement de la tarière fait retomber le boulet en *d*, et il ferme le passage aux sables arrivés en *b* : ce mouvement de va et vient, répété plusieurs fois, remplit de sable le fourreau *f*; et l'on peut dans un jour, d'une profondeur de 100^{m}, vider plus d'un mètre cube.

Lorsque le sable est compacte, il faut descendre au bout des tiges la soupape (*fig.* 9) faite de la même manière; seulement le boulet est traversé par une tige en fer qui dépasse la base de la soupape et force le boulet à remonter en *c* : alors, soit en rôdant, soit en pompant, l'on remplit le tuyau *f*.

Tarière à boulet et à langue de serpent (*fig.* 10). Cette tarière, faite pour les parties supérieures absolument comme les précédentes, est armée à sa base d'une tarière rubannée ou langue de serpent : elle se manœuvre en rôdant. La base aiguë *g* remuant les sables entassés les force de remonter en *e* et de soulever le boulet *a* qui s'élève jusqu'en *c*. En continuant de rôder, le sable dépasse le boulet, remplit le fourreau *f*; et lorsque l'on relève la tarière, le poids du sable contenu dans le fourreau *f* pesant sur le boulet *a* le force de descendre de *c* en *e* : il ferme hermét-

quement le passage, et tout le sable une fois entré remonte sans faire craindre un voyage inutile que les ouvriers appellent chou-blanc.

Arrache-sondes.

Caracole. Cloche taraudée. Cloche à galets.

Caracole (*fig.* 11). Lorsqu'une tige ou un outil se casse au-dessus de l'épaulement de jonction, l'on descend une caracole, après s'être assuré par son journal et d'après la partie remontée, que la portion restée dans le sondage est d'un diamètre convenable pour se loger en *a*. Le retrait est facile et a généralement lieu du premier coup, surtout si le journal est bien tenu, et si l'on a eu soin de marquer chaque jour exactement la profondeur atteinte, la grosseur et la longeur de chaque tige.

Cloche taraudée (*fig.* 12). Lorsqu'une tige s'est cassée comme ci-dessus, mais par suite de retenue soit dans le fond, soit dans les parois, et qu'il est nécessaire alors d'employer une très-grande force pour retirer la sonde, il faut se servir de la cloche taraudée, indiquée dans l'ouvrage de M. Garnier, et représentée *fig.* 12. Seulement, pour ne pas faire de voyage inutile et éviter qu'elle ne passe à côté de la tige brisée au lieu de la coiffer, on l'arme d'un gobelet renversé, que l'on fixe au moyen de trois fortes vis. Cet arrache-sonde doit encore être préféré dans le cas où la rupture a lieu au-dessous de l'épaulement: l'emploi de la caracole aurait alors de graves inconvénients.

Cloche à galets (*fig.* 13). Lorsqu'une tige est cassée au-dessous de l'épaulement, cet outil est d'une grande utilité. Il suffit de le descendre; si

la tige est verticale, elle se loge dans son intérieur et s'y trouve retenue par les galets mobiles qui s'impriment dans l'épaisseur de la tige, et permettent une grande traction pour le retrait.

Cet outil se compose :

1° D'un emmanchement *a*;

2° De deux boulons et écrous *b*,*b*, servant à réunir les deux mâchoires de l'instrument à l'emmanchement;

3° Des mâchoires de la cloche *c*,*c*;

4° D'un boulon et son écrou *d*, réunissant les ressorts d'acier à l'emmanchement;

5° De ressorts *e* complétant la cloche;

6° D'écrous et boulons *f*,*f*, maintenant les galets;

7° De galets *g*,*g* en acier fondu, mobiles, s'ouvrant pour laisser monter la tige dans l'intérieur de la cloche, et s'imprimant sur elle lorsque la cloche est enlevée, ce qui force la tige de suivre son mouvement ascensionnel.

Lorsqu'un outil se casse en conservant beaucoup plus de hauteur que de diamètre, il est facile à retirer, parce qu'il reste droit ou peu incliné; et que, dans ce dernier cas, une caracole ou un crochet le redressent assez facilement.

Mais lorsque la rupture a lieu pour un trépan près de la lame, pour une tarière ouverte à la partie où son évasement commence, pour une tarière américaine vers le haut de la spirale, l'accident peut devenir grave s'il n'est pas réparé en quelques heures, parce que chaque tentative infructueuse ne peut que coucher l'outil de plus en plus; et comme il ne donne pas de prise, il devient bientôt très-difficile à redresser. Dans le cas où l'on n'y parviendrait pas, il faudrait essayer de loger l'outil dans les parois latérales du son-

dage, si c'est un terrain tendre; et si c'est une roche, il faut la briser.

Un moyen qui réussit assez bien, c'est de descendre un tuyau ayant le diamètre entier du trou, et de faire des efforts, soit en rôdant, soit en battant sur la tête de sonde, pour faire entrer l'outil dans l'intérieur du tube; puis il faut remonter doucement, afin de ne pas le laisser échapper. Le tire-bourre, muni d'un doigt allongé, réussit aussi quelquefois très-bien.

Outil élargisseur et arrache-tuyaux.

(*Fig.* 14.) La base de l'outil est une masse de fer *a* terminée par un cône *b* : deux ouvertures parallèles sont faites dans cette masse pour y loger deux pièces d'acier pivotantes qui sont maintenues par deux écrous *c*. Ces pièces sont pointues comme en *d*, si l'on se propose de piquer un tuyau; tranchantes, lorsqu'on veut le couper: et à épaulement supérieur comme en *f* pour remonter la colonne en la prenant au-dessous de sa base.

Les dents logées dans les cavités *c* de la masse *a* y sont maintenues par les écrous *e*, mais cependant avec la facilité de se mouvoir librement, l'œil *g* étant plus grand que l'écrou *e*.

Cet outil se descend fermé en tournant de gauche à droite : arrivé au point où l'on veut le faire ouvrir, l'on tourne de droite à gauche, et les dents s'ouvrent dans toute leur longueur. Pour faire frottement, elles sont pointues à leur partie extérieure.

Lorsqu'on veut équarrir une masse de calcaire au-dessous d'une colonne de tuyaux, ce même

outil peut servir : il suffit, pour celà, d'employer des dents comme à la *fig. h.*

Équarrissoir.

(*Fig.* 15.) Avant de descendre une colonne de tuyaux, il est important de s'assurer que le sondage est parfaitement vertical et cylindrique, et qu'il n'est resté, dans les parois des roches traversées, aucune esquille pouvant faire obstacle à la descente des tuyaux.

L'outil ci-contre, ayant environ deux mètres de hauteur, remplit parfaitement ce but : il est formé au centre d'une forte tige de fer. En *a* et en *b*, il y a une rondelle en fer : quatre tiges en fer aciéré sont fixées en haut et en bas à ces rondelles par des écrous.

Un seul outil de ce modèle suffit pour trois à quatre diamètres différents, il n'y a qu'à changer les rondelles pour lui donner plus ou moins de diamètre.

Un avantage important de cet équarrissoir sur celui précédemment en usage, c'est que, lorsqu'une des tiges a son angle usé, et qu'elle a besoin d'être retravaillée, l'on démonte l'équarrissoir, et la seule tige à réparer est mise au feu, tandis que précédemment il fallait une espèce de four à réverbère pour chauffer tout l'outil qui, après plusieurs épreuves semblables, était hors de service.

Tuyaux de retenue.

Les tuyaux de retenue doivent être en tôle de première qualité, douce et susceptible de se ployer et de se bosseler. La tôle aigre et cassante donnerait lieu à des accidents souvent irréparables.

Les tôles d'Imphy, du Berry et de Franche-Comté sont celles que j'ai employées de préférence jusqu'à ce jour.

L'épaisseur de la tôle doit être proportionnée au diamètre des tuyaux. Ainsi, pour les tuyaux de $0^m,33$ (1 pied) de diamètre, la tôle doit avoir $0^m,005$ ou 2 lignes d'épaisseur ; pour $0^m,26$, elle doit avoir $0^m,003$; enfin pour $0^m,19$, le plus petit diamètre qu'on emploie, la tôle doit avoir encore $0^m,002$ d'épaisseur : ainsi l'épaisseur de la tôle doit décroître proportionnellement de $0^m,005$ à $0^m,002$ suivant la décroissance de diamètre de $0^m,33$ à $0^m,19$.

Les tuyaux de retenue que l'on descend dans un sondage sont destinés à garantir le trou des éboulements ou des resserrements. Il faut donc que la tôle puisse offrir une résistance proportionnée à la pression qu'elle doit subir, et qui tend soit à l'ovaliser si ce sont des sables ou des argiles, soit à la crever, si ce sont des cailloux roulés, des pyrites ou des fragments de roches.

Outre la résistance extérieure, les tuyaux ont encore à supporter, pendant tout le cours du travail, le choc des tiges, lorsqu'on rôde pour creuser, ou pour vider, et lorsqu'on sonne pour percer les roches; car il est évident que, pour traverser une roche dure, il faut élever la sonde de quelques centimètres, et la laisser retomber de tout son poids; qu'alors, sur une longueur de plusieurs centaines de mètres, les barres ploient et se redressent : cette manœuvre se répétant 12 à 15.000 fois par jour souvent pendant une année entière, les tuyaux se crèvent si la tôle n'est pas de bonne qualité, d'une épaisseur suffisante, et surtout si le trou n'est pas parfaitement vertical.

Les tuyaux doivent être faits avec des tôles de 2 mètres de longueur, afin d'éviter la multiplicité des frettes dont nous parlerons plus loin, et tournés à froid au moyen de rouleaux, disposés convenablement pour cet effet.

Si une feuille est aigre, elle se casse ou se gerce; et elle doit être rejetée, une seule feuille pouvant amener la perte d'une colonne de plusieurs centaines de mètres.

La tôle doit être doublée de 4 à 5 centimètres, et bien battue sur ses bords, afin de prendre le moins d'épaisseur possible : cette doublure est clouée avec des rivés en fer-doux placés à 4 ou 5 centimètres de distance l'un de l'autre, et en gouttes de suif à l'intérieur comme à l'extérieur.

Voici les motifs qui me font insister sur l'aplatissement des rivés. Si, dans une grande longueur, les rivés intérieurs ne sont pas aplatis et bien adhérents à la tôle, l'outil qui manœuvre, descend et remonte alternativement plusieurs fois chaque jour, peut porter sur les têtes de ces rivés, les détacher et, par suite, déchirer les tôles.

Les rivés en gouttes de suif à l'extérieur ne sont pas moins importants. Un sondeur expérimenté diminue toujours le moins possible le diamètre de son sondage. Ainsi, dans un trou de 0m,30, il descendra un tube de 0m,28 (à l'extérieur); les épaisseurs des tôles, des boulons et des rivés ne lui permettront plus de travailler qu'avec des outils de 0m,26; il faut donc faire en sorte que les tuyaux soient bien droits et bien affleurés, puisque l'on ne prend que 0m,02 de jeu pour descendre une colonne de 50, 100 et quelquefois 200 mèt. de longueur.

Nous avons dit qu'il fallait de préférence em-

ployer de la tôle de 2m de longueur, afin d'éviter la multiplicité des frettes, qui sont une augmentation de dépense et un embarras dans la descente des tuyaux.

La *fig.* 16 représente un tuyau muni à chacune de ses extrémités d'un manchon ou frette de même tôle de 0m,16 de hauteur, adhérent de 8 centimètres au tuyau de 2 mètres et le débordant de 8 centimètres : ce manchon reçoit un tuyau semblable qui repose sur le précédent; et la frette *a* sert à unir ces tuyaux par les colliers de rivés *b* et *c*. Il est très-important que les tôles reposent bien l'une sur l'autre; sans quoi, lorsqu'on chasse la colonne à coups de mouton, les tuyaux se pénétreraient l'un l'autre, ce qui occasionnerait un grave dommage.

Les tuyaux peuvent être expédiés par jonction de 3 bouts, ce qui les met d'abord à 6 mètres de longueur. Pour les descendre dans le sondage, l'on se sert de deux colliers représentés par les *fig.* 17 et 18, et, pour les joindre, de boulons (*fig.* 19), que l'on emploie comme l'indique la *fig.* 20.

Avant d'enlever le tuyau du sol, on l'arme à sa partie supérieure d'un collier (*fig.* 17), ayant deux branches *a* de 30 à 40 centimètres de longueur, et destinées à le mouvoir de droite à gauche et de gauche à droite. Ce collier a d'un côté deux oreilles en crochet *b*, destinées à recevoir une anse de panier en corde dont la partie supérieure est prise dans la fourche du pied-de-bœuf, et d'un autre côté deux forts boulons pour lui donner plus ou moins d'ouverture.

Le premier tuyau descendu dans le forage, lorsqu'il en reste encore environ 1 mètre au-dessus

du plancher, est maintenu à cette hauteur au moyen du collier en bois (*fig.* 18) :

a ouverture dans laquelle le tuyau est retenu ;

b,*b* joues en bois de chêne de 6 à 8 centimètres d'épaisseur formant le collier ;

cc ligne de séparation des deux joues ;

d,*d* têtes des deux boulons, réunissant les deux joues du collier ;

e,*e* écrous se vissant sur les boulons, pour fixer les joues du collier, et donner au centre *a* le diamètre nécessaire pour bien serrer.

Le collier de retenue en bois est préférable au collier en fer employé dans le principe, parce qu'il peut serrer plus fortement les tuyaux sans les endommager.

Lorsque le collier (*fig.* 18) est fortement fixé, on retire celui (*fig.* 17) en desserrant les boulons, et on l'applique à un nouveau tuyau que l'on dresse, comme l'indique la *fig.* 20 : on s'assure bien qu'ils joignent parfaitement ; et lorsque tous les trous se correspondent, on procède de la manière suivante.

L'on commence par dévisser l'écrou du boulon (*fig.* 19), et l'on attache une ficelle au crochet qui le termine. Un homme, placé au haut de la chèvre, laisse descendre le boulon soutenu par la ficelle dans l'intérieur des tuyaux jusqu'au-dessous de leur frette de jonction, ainsi que le représente la *fig.* 20. Un autre ouvrier, placé sur le plancher, introduit par le trou *a* un fil de fer en crochet *b*, saisit la ficelle, l'attire hors du trou *a* comme en *c*, puis il coupe la ficelle que l'ou-

vrier du haut retire pour y rattacher un second boulon.

L'ouvrier du bas prend l'écrou de la *fig.* 19, le visse au boulon de la *fig.* 20; et, au moyen d'une petite clef, le serre fortement en pinçant sa queue avec des tenailles, de manière que, d'une part, sa tête soit adhérente à l'intérieur du tuyau, et que, d'autre part, l'écrou soit aussi invariablement fixé à l'extérieur. Alors, avec une scie à fer, il coupe la portion du boulon qui excède l'écrou, et rive ce dernier. Lorsqu'il a fait la même opération tout autour du tuyau, les deux portions sont parfaitement adhérentes, et ce mode de boulonage a même plus de solidité que les rivés faits à l'atelier.

La jonction des deux parties de tuyaux est représentée en *mn*.

m les écrous qui joignent la partie supérieure à celle déjà descendue;

n les rivés qui tenaient la frette à la première partie des tuyaux.

Tuyaux d'ascension.

L'expérience m'a démontré que l'on ne pouvait employer pour tuyaux d'ascension des tuyaux en fer : après quatre ou cinq ans, il s'y fait des trous qui donnent passage à l'eau, et amènent la perte du résultat obtenu. Leur retrait pour les remplacer est d'autant plus difficile que le scellement, au moyen du béton liquide coulé entre leurs parois extérieures et le vide nécessaire pour les descendre, a été plus ou moins bien fait.

Il f[illegible] employer des tuyaux en bois de chêne ou d[illegible]e, lorsque le diamètre le permet, et, lorsqu'[illegible] trop étroit (moins de $0^m,20$), l'on peut em[illegible]er la fonte de fer, le cuivre rouge ou le b[illegible]. Ce dernier métal donne le plus parfait de t[illegible]es tubages.

[illegible]orsque les eaux sont très-sulfureuses, comme [illegible]es d'Enghien-les-Bains par exemple, un tu[illegible]ge en zinc de 8 à 10 millimètres d'épaisseur est [illegible]cellent.

Les tuyaux d'ascension s'enlèvent au-dessus du sol, et se maintiennent au-dessus du fond du forage avec les mêmes colliers que nous avons décrits pour la descente des tuyaux de retenue.

Si les tuyaux d'ascension sont en fonte, les emboîtures doivent être tournées, percées de quatre trous taraudés, et en tabatière de 8 à 9 centimètres de hauteur. Avant de les joindre, il faut avoir soin de bien graisser la boîte et le mâle. Ensuite, pour maintenir la jonction, l'on passe quatre vis dans les trous taraudés, en ayant la précaution que le pas de vis ne dépasse pas [redacted]paisseur des tuyaux, et que la tête affleure [redacted] l'extérieur.

[redacted] les tuyaux de cuivre, de bronze ou de zinc, [redacted] sert d'une frette comme pour les tuyaux [redacted]nue : on les fixe avec quatre boulons semb[redacted] ceux employés pour les tuyaux de fer.

Ensuite l'on place autour de la jonction une tôle percée en forme de réchaud, l'on chauffe fortement les deux parties de tuyaux unies ensemble, et on les soude à l'étain, après avoir pris aupara-

vant la précaution d'introduire dans le tuyau, au-dessous de la jonction, un fort tampon de filasse pour éviter que la soudure ne se perde dans le soudage ou ne fasse des bourrelets.

ORDONNANCE DU ROI.

Louis-Philippe, etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des travaux publics, de l'agriculture et du commerce;

Vu la demande de congé indéfini adressée le 7 avril 1838 au conseiller d'état directeur général des ponts et chaussées et des mines, par M. de Montmarin, ingénieur ordinaire de 2e classe au corps royal des mines, ladite demande motivée sur des affaires de famille;

Vu les lettres des 5 et 11 juin 1838, par lesquelles le conseiller d'état, directeur général des ponts et chaussées et des mines, fait connaître à M. de Montmarin que l'état du personnel du corps des mines ne permet pas de lui accorder le congé indéfini qu'il sollicite;

Vu les lettres des 5 et 15 juin 1838, par lesquelles M. de Montmarin refuse de continuer son service;

Vu l'art. 69 du décret d'organisation du corps royal des mines du 18 novembre 1810, ledit article ainsi conçu :

« Les fautes très-graves qui auraient compromis ou le » service, ou les fonds du trésor public, ou l'honneur du » corps, les fautes récidivées contre la subordination et » l'exactitude, seront punies de la destitution, sur le » rapport qui nous en sera fait par notre ministre de » l'intérieur, d'après l'avis motivé du directeur général. »

Considérant que le refus de service déclaré par M. de Montmarin, rentre dans la catégorie des fautes graves mentionnées audit article 69, et qu'il doit dès lors entraîner l'application de la peine prévue par cet article;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. M. de Montmarin, ingénieur ordinaire de 2e classe au corps royal des mines, cessera de faire partie de ce corps.

Art. 2. Notre ministre secrétaire d'état des travaux

publics, de l'agriculture et du commerce, est chargé de l'exécution de la présente ordonnance.

Fait au palais de Neuilly, le 30 juillet 1838.

Signé : LOUIS-PHILIPPE.

Par le roi :

Le ministre secrétaire d'état des travaux publics, de l'agriculture et du commerce.

Signé : MARTIN (DU NORD).

Pour ampliation :

Le maître des requêtes, secrétaire général du ministère.

Signé : J. BOULAY.

Pour copie conforme.

Le conseiller d'état, directeur général des ponts et chaussées et des mines.

Signé LEGRAND.

EXPÉRIENCES

Sur la chaleur fournie par la flamme du gueulard du haut-fourneau de Niederbronn (Mars 1838) ;

Par M. ROBIN, Directeur des forges de Niederbronn (Bas-Rhin).

On a cherché à déterminer la chaleur fournie par la flamme du gueulard du haut-fourneau de Niederbronn, de deux manières : 1° par la quantité d'eau qu'il est possible d'évaporer dans un temps et sous une pression donnés; 2° par la température de l'eau de condensation obtenue.

Nous donnons ici les dispositions principales de la machine à vapeur qui meut la soufflerie; en les connaissant, on sera à même de suivre la série des expériences qui ont été faites.

On a placé près du gueulard du haut-fourneau deux systèmes de chaudières, dont l'un sert de rechange en cas de besoin (1).

Chaque système se compose de la chaudière proprement dite, et de deux bouilleurs.

La chaudière a 6 mètres de longueur : elle est cylindrique et terminée aux deux extrémités par deux demi-sphères. Son diamètre intérieur est de 0m,985.

Chacun des bouilleurs a 6m,70 de long : ils sont terminés par une demi-sphère à un bout, et par un fond plat à l'autre. Leur diamètre intérieur est de 0m,485.

La flamme du gueulard chauffe d'abord les deux bouilleurs, qui sont séparés de la chaudière par

(1) Voyez la *Planche V*, et son explication à la fin de ce mémoire, p. 348.

une voûte en briques; elle passe ensuite sous la chaudière, dont la moitié est exposée au feu, et puis elle gagne une cheminée en tôle, de 20 pieds de hauteur.

Le gueulard du haut-fourneau est couvert d'une cheminée, munie à sa partie supérieure d'un registre, qu'on peut ouvrir plus ou moins, pour régler la quantité de flamme qui doit passer sous la chaudière en activité. Cette flamme y arrive par une ouverture ménagée dans le bas de la cheminée.

Une large porte par laquelle on fait les chargements, ferme la cheminée. On a ménagé au bas de cette porte une ouverture rectangulaire de 1m,25 sur 0m,18, qui laisse passer l'air nécessaire à la combustion des gaz. On a observé que la chaleur diminue quand on réduit cette ouverture.

La vapeur de la chaudière se rend dans le double cylindre de la machine, placée au bas du fourneau, par un tuyau en cuivre de 0m,10 de diamètre, et de 15m,25 de longueur.

Dans son trajet, elle perd environ 1/4 d'atmosphère de tension; la vapeur dans la chaudière étant à 2 1/2 atmosphères. La déperdition serait moindre, si on avait pris la précaution d'envelopper le tuyau d'un corps mauvais conducteur; mais, comme on a toujours de la vapeur en excès, on n'a pas eu recours à ce moyen.

Non loin des cylindres est un tuyau qui communique avec la vapeur; il sert, en cas de besoin, à laisser échapper la vapeur en excès. Sous chaque chaudière, il y a une grille de recours pour la chauffer, lorsque la flamme du gueulard en reste éloignée par suite d'un long arrêt du fourneau.

La machine est à moyenne pression et à détente d'après le système de Woolf: elle est de la force

de dix-huit chevaux; mais on n'en utilise habituellement que la moitié pour souffler un haut-fourneau. Le maximum de tension avec laquelle elle puisse marcher est de 4 atmosphères, mais on n'utilise ordinairement que 2 1/2 atmosphères. Elle a souvent marché avec 15 chevaux de force, quand on l'a employée à souffler des cubilots; alors la flamme du gueulard était encore plus que suffisante pour la maintenir convenablement en activité.

Les chaudières ont les dimensions de celles d'une machine de 38 chevaux; elles ont été commandées aussi fortes, afin de présenter plus de surface de chauffe à la flamme du gueulard, dont la puissance calorifique était encore inconnue à l'époque à laquelle la machine a été construite.

Ces chaudières, en raison de leur grande surface, présentent donc, pour faire les essais en question, des circonstances favorables que l'on ne rencontre point ailleurs, autant que nous sachions.

Voici la marche qui a été suivie pour faire les expériences :

La chaudière a été nettoyée intérieurement, et l'on a détaché de la surface extérieure une couche d'environ six millimètres d'épaisseur, formée de poussière du gueulard.

On y a laissé arriver l'eau jusqu'à ce que le flotteur ait commencé à jouer librement. On a mesuré son niveau depuis le haut de la partie intérieure de la chaudière, et l'on a trouvé $0^m,453$. Afin de conserver ce point, on a fait hors de la chaudière un repère sur le fil, après lequel le flotteur est suspendu. On s'est assuré que celui-ci jouait librement; et afin d'éviter toute cause d'erreur, on l'a mis légèrement en mouvement à chaque observation, pour voir s'il revenait toujours au même

point. L'alimentation a été continuée avec de l'eau puisée dans le condenseur ; on a amené le niveau d'eau à $0^m,12$ au-dessus du premier. (Nous appellerons n la hauteur du flotteur au-dessus du niveau $0^m,453$.)

A ce point l'alimentation a été arrêtée, on a brassé l'eau de la chaudière, et on a pris la température qui était de 41° centig.

Les issues de la chaudière ont été fermées, et l'on a commencé à la chauffer en brûlant de la houille sur la grille de recours. On a été obligé de recourir à ce moyen, parce que la flamme du gueulard était employée à chauffer la chaudière encore en activité.

Après $1^h15'$ de chauffe, un manomètre à mercure placé près de la chaudière marquait 1 1/16 atm. de tension de la vapeur, n égalait $0^m,128$. Ainsi, à peine l'eau était-elle entrée en ébullition, que le flotteur a été soulevé par le mouvement de l'eau. Nous ferons de suite remarquer que la marche du flotteur éprouve des perturbations très-sensibles dans certaines circonstances qu'on a cherché à déterminer dans cette première expérience, ainsi que nous le verrons plus bas.

La première expérience a donné les résultats suivants :

Temps de chauffe.	Tension de la vapeur.	Hauteur du flotteur.
$1^{h.}$ 15′	$1\frac{1}{16}$ atm.	$n = 128$
1 45	$1\frac{1}{8}$	132
2 3	$1\frac{1}{4}$	128
2 23	$1\frac{1}{2}$	143
2 38	$1\frac{1}{3}$	146
2 53	2	149
3	$2\frac{1}{4}$	152
3 11	$2\frac{1}{2}$	153
3 37	$2\frac{3}{4}$	150
3 52	3	148

A ce tableau, on peut ajouter les observations suivantes :

Pour arriver à la tension de 2 1/2 atmosphères qui est celle habituellement employée, pour faire marcher la soufflerie, on a brûlé 215 kilogrammes de houille de Saarbruck, seconde qualité. Comme le volume d'eau de la chaudière était de 5.467 litres à 41 degrés, il renfermait 224.147 calories. L'eau à 2 1/2 atmosphères ayant 128°,8, il s'ensuit que les 215 kilogrammes de houille ont fourni 480.002 calories, c'est-à-dire 2.231 calories par kilogramme. Le kilogramme de houille deuxième qualité donnant 6.345 calories au calorimètre, on voit qu'on a utilisé seulement 35 pour o/o de la houille au profit du chauffage de l'eau; tandis qu'on admet qu'un bon foyer utilise 60 p. o/o. La faiblesse de ce résultat provient de ce que la même houille a servi à chauffer les parois encore froides des carneaux. Quoi qu'il en soit, on voit que la quantité de charbon à brûler pour mettre la machine en mouvement, après un long arrêt du fourneau, n'est pas grande. L'expérience a prouvé que la tension baisse de 2 1/2 atmosphères, à 1 atmosphère 2/3, au bout d'une heure et demie d'arrêt. Avec cette dernière tension la machine est remise aisément en train sans ajouter de charbon sur la grille. Si l'arrêt dure plus longtemps, il faut recourir à ce dernier moyen ; mais cela arrive très-rarement, et la quantité de houille qu'on est obligé de brûler est insignifiante.

En examinant dans le tableau ci-dessus la marche du flotteur, on s'aperçoit que le mouvement de l'eau en ébullition le fait monter à mesure que la tension augmente. La progression est assez rapide jusqu'à 3 atmosphères ; là elle semble s'ar-

rêter. Il est donc nécessaire d'avoir égard à cette circonstance pour rectifier les observations des expériences faites dans les limites de deux à trois atmosphères, et l'on peut admettre que pour évaporer $0^m,12$ d'eau tranquille il faut, lorsqu'elle est en mouvement, évaporer $0^m,15$ de hauteur d'eau. On a d'ailleurs observé que l'eau devient plus tranquille dès qu'on donne une issue à la vapeur. En opérant ainsi, on sera certain d'obtenir des résultats qui seront au-dessous de l'effet *maximum* que peut donner la flamme du gueulard.

Ayant retiré la houille de la grille et laissé tomber la tension de la vapeur depuis 3 atmosphères jusqu'à 2 1/2, qui est celle sous laquelle on s'est proposé de faire l'expérience, on a laissé arriver la flamme du gueulard sous la chaudière. En même temps on a fait passer la vapeur dans le cylindre de la machine, en prenant la précaution d'en laisser échapper par le tuyau de trop plein, lorsque la tension dépassait 2 1/2 atmosphères.

Depuis cet instant le flotteur est descendu à zéro en 1 10′. Le volume d'eau évaporé a été de 666 litres. (Nous entendons parler d'eau en ébullition.)

Nous aurons donc le nombre de calories donné par cette opération en calculant celui renfermé dans 666 kilogr. de vapeur à 2 1/2 atmosphères. Appliquant cette donnée à la formule

$$p\,(550 + t)$$

p étant le poids donné de vapeur, t la température, on obtient :

452.080 calories en 70 minutes, ou
387.497 par heure.

Ce nombre représente l'effet utile que donne la flamme du gueulard du fourneau de Niederbronn, avec la machine décrite.

En partant de cette donnée et de celles admises par l'expérience sur la production de la vapeur au moyen du charbon, on est conduit à quelques résultats qu'il est intéressant de résumer ici.

Supposons que les dispositions de la chaudière et de son foyer n'aient rien laissé à désirer sous le rapport de la perfection, alors on aurait utilisé 60 pour o/o de la chaleur donnée par la flamme du gueulard, dont la caloricité serait représentée par 645.828 calories.

De ce nombre il est facile de déduire la quantité de charbon qu'il faudrait brûler, pour obtenir un effet égal à la flamme du gueulard; car un kilogramme de charbon ordinaire contenant 0,20 d'eau donnant 6.000 calories, on aurait : 107k,6.

Comme au moment de l'expérimentation le fourneau, qui était en bonne allure, recevait 210 kilog. de charbon par heure (14 charges à 180 kil. par 12 heures), il en résulte qu'il se perdait par le gueulard 51 p. o/o du combustible employé, ou bien encore 2.582 kilogrammes de charbon par jour qui, au prix moyen de 6 fr. les 100 kilogrammes, représente une somme de 56.545 fr. par haut-fourneau pour une année.

On peut encore déduire des données précédentes la force en chevaux que donne la flamme du gueulard. En effet, on estime qu'un cheval-vapeur, pour une machine de Woolf, consomme par heure 3 à 3 1/2 kilogrammes de houille par cheval, correspondant à $4^k,17$ de charbon de bois; ou bien encore 21.000 à 25.000 calories. Adoptant ce dernier nombre, nous aurons 25 chev., 8.

Ce résultat doit être regardé comme un minimum, car il se perdait beaucoup de chaleur par la cheminée au-dessus du gueulard. Une autre perte est résultée de ce qu'il a fallu chauffer tout l'espace compris entre le gueulard et les chaudières qui est de deux mètres. On peut encore ajouter à cela le refroidissement qui résultait de l'accès de l'air sous les chaudières, au moment où la porte du gueulard était ouverte pour faire le chargement du fourneau, qui dure 4 à 5 minutes. Enfin une dernière perte provenait de ce qu'avant l'expérience les carneaux étaient moins chauds qu'au moment où on y admettait toute la flamme du gueulard.

Afin de rendre les données du problème complètes, nous ajouterons les consommations du fourneau : il a été fait 14 charges en 12 heures, chaque charge se composait de 180 kilog. de charbon de bois, moitié hêtre, moitié chêne et pin. Un tiers du charbon avait trois années de halle, les deux autres tiers une année seulement. La charge de mine en grains et de castine très-humides, était de 432 kilog. La température de la mine n'était que de 13°,7 centig. On soufflait avec une buse de 25 lignes de diamètre sous une pression manométrique de 28 lignes de mercure.

Deuxième expérience.

Elle a été faite dans les mêmes circonstances que la première, avec 2 1/2 atmosphères de tension de la vapeur, et la même hauteur de flotteur, qui a aussi été adoptée pour toutes les expériences suivantes.

On n'a fait que 13 charges en 12 heures; il en

résulte qu'on n'a employé que 195 kilog. de charbon par heure.

L'évaporation a duré 1 heure 8 minutes.

Calculant d'après les mêmes bases que précédemment, on obtient les résultats suivants :

Calories de la vapeur fournies par heure.	399.188
Calories de la flamme du gueulard par heure	605.313
Charbon nécessaire pour produire cette chaleur	110,9
Perte du combustible employé au haut-fourneau.	56,8 p. 0/0
Chevaux-vapeur.	26,6

Pour commencer cette expérience et les suivantes, on n'a pas, comme pour la première, fermé les issues de la chaudière dans le but d'observer les oscillations du flotteur ; mais on a fait monter celui-ci par l'alimentation de la chaudière au delà de $n = 0,15$. Lorsque le point de repère du flotteur était redescendu au niveau indiqué par ce nombre, on a commencé à compter.

Troisième expérience.

La tension de la vapeur était la même que dans les expériences précédentes, on a fait 14 charges en 12 heures.

La durée de l'opération dont nous nous occupons a été de 1 heure 9 minutes, ce qui donne :

Calories de la vapeur fournies par heure.	393.113
Calories de la flamme du gueulard par heure. . . . , ...	655.188
Charbon nécessaire pour produire cette chaleur.	109,11
Perte du combustible employé au haut-fourneau.	51,9 p. 0/0
Chevaux-vapeur.	26,2

Quatrième expérience.

Nous avons dit précédemment que la chaleur diminue dans le foyer, lorsqu'on rétrécit, au bas de la porte de chargement, l'ouverture qui laisse arriver l'air destiné à brûler les gaz. Afin de rendre cet effet sensible, on a bouché l'ouverture en question à moitié; et, ainsi que dans les autres expériences, on a opéré avec 2 1/2 atmosphères de tension.

On a fait 13 charges en 12 heures, l'opération a duré 1 heure 23 minutes.

Faisant les calculs, d'après les mêmes bases qu'antérieurement, on obtient :

Calories de la vapeur fournies par heure.	326.805
Calories de la flamme du gueulard par heure.	544.675
Chevaux-vapeur.	21,8

Ces chiffres prouvent que, pour tirer le meilleur parti des gaz des gueulards, il faut mettre en contact avec eux un volume d'air assez considérable, ce qui a été négligé jusqu'aujourd'hui, surtout dans l'emploi des gaz des hauts-fourneaux pour le chauffage de certains appareils à air chaud.

Cinquième expérience.

L'évaporation a été faite sous une tension de trois atmosphères.

L'opération a duré 1 heure 5 minutes.

On a fait 13 charges par heure.

Effectuant les calculs, comme antérieurement, en ayant égard à la température de la vapeur qui est de 135°,1 sous une pression de trois atmosphères, nous aurons :

Calories de la vapeur fournies par heure.	421.177
Calories de la flamme du gueulard par heure	701.961
Charbon nécessaire pour produire cette chaleur	116,9
Perte du combustible employé au haut-fourneau.	54,8 p. 0/0
Chevaux-vapeur.	28

Sixième expérience.

Elle a été faite dans les mêmes circonstances que les premières, avec 3 atmosphères de pression. Elle a duré 1 heure 13 minutes, et l'on a passé 13 charges.

Le calcul donne :

Calories de la vapeur fournies par heure.	375.021
Calories de la flamme du gueulard par heure	625.035
Charbon nécessaire pour produire cette chaleur	104,1
Perte du combustible employé au haut-fourneau.	53,3 p. 0/0
Chevaux-vapeur.	25

Septième expérience.

Elle a été faite avec 2 atmosphères de pression. On a passé 13 charges par 12 heures. L'évaporation a duré 1 heure 8 secondes.

Ces résultats donnent, en ayant égard à la température de la vapeur, à 2 atmosphères, qui est de 121°,4.

Calories de la vapeur fournies par heure.	394.545
Calories de la flamme du gueulard par heure	657.575
Charbon nécessaire pour produire cette chaleur	109,6
Perte du combustible employé au haut-fourneau.	56,2 p. 0/0
Chevaux-vapeur.	26,3

Huitième expérience.

Ainsi que la précédente, elle a été faite avec 2 atmosphères de tension, on a passé 13 charges.

La durée de l'évaporation a été de 1 heure, 2 minutes.

On a donc :

Calories de la vapeur fournies par heure.	432.727
Calories de la flamme du gueulard par heure	721.211
Charbon nécessaire pour produire cette chaleur	120,2
Perte du combustible employé au haut-fourneau.	61,6 p. 0/0
Chevaux-vapeur.	28,8

Résumé.

En rapprochant les résultats de ces expériences pour en prendre la moyenne, en excluant toutefois ceux de la quatrième, qui ne peuvent être mis en ligne de compte, puisqu'on n'a pas cherché à brûler complétement les gaz du fourneau, nous aurons :

Calories de la flamme du gueulard par heure.	667.444
Perte du combustible employé en haut-fourneau.	54,9 p. 0/0
Chevaux-vapeur.	26,6

Expérience sur les calories fournies par l'eau de condensation.

Elle a pour but de déterminer le nombre des calories que donne la flamme du gueulard, en faisant passer par le condenseur toute la vapeur qu'elle est capable de produire. En mesurant le volume d'eau de condensation et sa température, on en a déduit le nombre cherché.

Voici la marche qui a été suivie pour faire cette opération.

On a alimenté la chaudière de manière à porter le niveau du flotteur à la hauteur habituelle ; alors le robinet qui fournissait cette eau a été fermé, et on a laissé arriver toute la flamme du gueulard sous la chaudière. La tension de la vapeur était alors de 2 1/2 atmosphères. Au lieu de laisser perdre la vapeur par le tuyau de trop plein, comme nous l'avons fait précédemment, afin de maintenir la tension au même point, on l'a fait passer en totalité par le condenseur, dans lequel on était maître de laisser arriver la quantité d'eau nécessaire pour condenser toute la vapeur.

L'eau de condensation était à 15° 6 cent. Quant à l'eau chaude obtenue, elle a été mesurée avec deux sceaux bien jaugés. Pendant une heure qu'a duré l'expérience, on a fait 20 observations thermométriques sur l'eau sortant du condenseur. On a déterminé le nombre moyen des calories fournies dans l'intervalle d'une observation à l'autre, la somme des calories des 20 observations a donné le total des calories de l'eau du condenseur.

On a mesuré ainsi 10.059 litres, qui ont donné 381.806 calories. Si on retranche de ce chiffre les calories renfermées dans 10.059 litres d'eau d'injection à 15° 6 c., c'est-à-dire le nombre 156.920, il reste 224.886 pour les calories qu'a reçues l'eau injectée. Mais à ce dernier nombre il faut ajouter celles qui ont été acquises à l'eau restée dans la chaudière à la fin de l'opération. En effet, on a opéré d'abord avec une tension de 2 1/2 atmosphères qui, après une heure, était montée à 3 1/2 atmosphères. Comme les 4.896 litres d'eau restés dans la chaudière donnent, sous la tension de 2 1/2 atmosphères, 630.604 calories, et que le même volume d'eau, sous 3 1/2 atmosphères, en

renferme 688.377, l'eau sous cette tension étant à 140°,6., il s'ensuit que la différence 59.773 est à ajouter au chiffre 224.886. Nous avons donc 284,659 pour le nombre des calories données par l'expérience.

En supposant, comme précédemment, que le foyer ait utilisé 60 p. 0/0 de la chaleur employée, la flamme du gueulard donnerait 474.431 calories qui correspondraient à 18 chev.,9.

Le fourneau a reçu 13 charges.

Ce résultat est plus faible que ceux donnés par les expériences précédentes, il doit en être ainsi, puisqu'on a éprouvé une perte de calorique pour amener la vapeur dans le condenseur au moyen de tuyaux nus, et qu'en outre l'eau du condenseur et de la bâche dans laquelle on puisait l'eau chaude pour la mesurer, a aussi donné lieu à une déperdition de chaleur. Mais ce qui a surtout contribué à donner cette différence, c'est la propriété que possède la vapeur d'entraîner mécaniquement l'eau soulevée par le bouillonnement.

Si nous ajoutons ces dernières pertes à celles que nous avons signalées en parlant des expériences précédentes, on pourra se faire une idée de l'énorme quantité de chaleur qu'une flamme de gueulard est capable de donner.

EXPLICATION DE LA PLANCHE V.

Disposition des chaudières à vapeur placées au gueulard du fourneau de Niederbronn (Bas-Rhin).

Nota. Les lettres indicatives sont les mêmes sur toutes les figures.

a, a. Chaudières ;
b, b. Bouilleurs ;
c, c. Carnaux ;
d, e. Registres pour régler l'admission de la flamme sous l'une ou l'autre chaudière ;

f g. Registres à l'entrée de la cheminée ;
ik, *lm*. Passage de la flamme, des bouilleurs à la chaudière ;
n o. Ouverture de la cheminée ;
p q. Cheminée recouvrant le gueulard ; son entrée est fermée par une porte en fonte *rs* qu'on ouvre pour faire les charges.
t u. Registre servant à laisser échapper la flamme en excès.
v x. Vide ménagé dans la maçonnerie pour la rendre plus légère.

Nouvelle méthode d'application des flammes perdues des hauts-fourneaux, au chauffage des chaudières de machine à vapeur, et des fours à réverbère où l'on fabrique le fer (1).

Le procédé nouveau consiste à recueillir dans des tuyaux la totalité des gaz qui s'échappent par les gueulards des hauts-fourneaux, et à les conduire dans toute espèce d'appareils pour les y brûler.

Les foyers dans lesquels on veut utiliser les gaz ont des dispositions spéciales ; ils peuvent, sans le moindre inconvénient, être situés sur le sol des usines à de grandes distances des hauts-fourneaux, sans que ceux-ci en éprouvent le moindre dérangement.

Des applications suivies de cette méthode ont été faites en grand, pendant trois mois, à l'un des deux fourneaux de Niederbronn : il a été reconnu que les gaz du gueulard consumés par un courant d'air que provoque une cheminée, offrent un

---

(1) Extrait d'une lettre de M. Robin, du 8 novembre 1838, dans laquelle il annonce pouvoir se livrer incessamment aux constructions nécessaires pour employer les nouveaux procédés qu'il a imaginés, et sur la demande qui lui en serait faite par les maîtres de forge qui en auront apprécié les avantages économiques.

moyen de chauffage puissant; car, dans un réverbère, ils portent en peu d'instants le fer jusqu'au blanc, et produisent la fusion de la fonte. Combinés avec un courant d'air forcé, ils déterminent la fusion de la fonte avec une grande facilité. Si, à ce dernier moyen, on ajoute l'emploi de la houille, on arrive aisément au soudage du fer: un cinquième de la houille employée ordinairement est suffisant.

Nous citerons les deux exemples suivants, qui donneront une idée de la chaleur intense que ces gaz sont capables de produire, sans le secours d'aucun autre combustible; les ayant introduits dans un fourneau à réverbère, placé sur le sol de l'usine, à 70 pieds du gueulard, on a fondu en une heure et 42 minutes, un cylindre de fonte de 0^m,660 de longueur, et de 0^m,217 de diamètre, pesant 146 kilogrammes. On a obtenu 135 kilogr. de fonte très-liquide; le déchet n'a été que de 7,5 pour 100.

Une autre fois, on a fondu 303 kilogr. de fonte en gueuse, en 1 heure 1/2 : elle était si liquide, qu'on n'a pu s'en servir pour couler des pièces de moulage.

Nous citons ici des résultats des premières applications; sans nul doute, on pourra employer avec de grands avantages les gaz des hauts-fourneaux dans toutes les opérations de la métallurgie du fer.

MM. de Diétrich construisent, dans ce moment, à leur fourneau de Zinswiller, une machine à vapeur destinée à mettre en mouvement la soufflerie de ce fourneau. Les chaudières de la machine, placées sur le sol de l'usine, seront chauffées par les gaz du gueulard. Cette machine fonctionnera dans trois mois.

MÉMOIRE

Sur l'âge et la composition des terrains de transition de l'ouest de la France ;

Par M. DUFRÉNOY, Ingénieur en chef des mines (SUITE) (1).

Du terrain silurien.

Cet étage moyen des terrains de transition est très-développé dans la péninsule qui forme la Normandie et la Bretagne ; il recouvre au moins la moitié de sa surface. Sa composition, beaucoup plus variée que celle du terrain cambrien, est presque identique sur toute cette étendue. Cette identité fournit même un caractère, pour distinguer les deux terrains de transition l'un de l'autre dans les localités où il n'en existe pas de plus certains. Le terrain silurien se compose de deux assises, souvent assez distinctes pour qu'on puisse faire une division dans cet étage. L'inférieure comprend, les grès quartzeux qui forment la base de tout ce terrain, des schistes et un calcaire ; la supérieure est principalement caractérisée par la présence de couches nombreuses et puissantes d'anthracite. Cette assise anthraxifère est séparée de la partie inférieure du terrain silurien par des couches puissantes de poudingue. Cette roche arénacée diffère du poudingue qui forme la séparation des terrains silurien et cambrien, par la présence d'un grand nombre de galets de quartz noir. Le retour des roches arénacées concorde ordinairement avec une solution de continuité dans le dépôt des couches, causée presque toujours par l'arrivée au jour de roches

Sa division en deux assises.

(1) Voir la première partie de ce mémoire page 213.

ignées. Il est donc naturel d'admettre une division dans le terrain silurien, mais, comme la séparation qui existe entre ces deux assises n'est pas indiquée par une différence de stratification, et que les fossiles que l'on y observe sont souvent communs aux deux, il en résulte qu'elle n'est pas du même ordre que la division qui distingue les schistes cambriens des quartzites. Je laisserai donc les schistes et les grès anthraxifères réunis ensemble sous la dénomination commune de terrain silurien, mais je les distinguerai par les noms de *groupe du quartzite et des schistes ardoisiers*, et *groupe anthraxifère*. Chacun de ces deux groupes contient des calcaires qui présentent des fossiles particuliers.

Les différentes couches dont je viens de parler se retrouvent dans un ordre constant; mais quelques-unes, comme les calcaires, ne sont pour ainsi dire qu'accidentelles, et il est nécessaire de citer plusieurs exemples pour faire connaître tout le terrain. Je suivrai dans cette description le même ordre géographique adopté dans l'étude du terrain cambrien, c'est-à-dire que je commencerai par parler du terrain silurien de la Normandie, puis je le suivrai successivement jusqu'à la pointe ouest de la Bretagne. Cette marche aura l'avantage de montrer de nouveau, la superposition transgressive des deux terrains de transition, quoique ce fait important, soit déjà suffisamment démontré dans la première partie de ce mémoire.

Environs de Caen.

La route de Caen à Condé-sur-Noireau, qui se dirige à peu près du N. au S., coupe le terrain transversalement et nous montre la succession des couches du terrain silurien en Normandie. Au sortir de Caen (*Pl. III*, *fig.* 3), on marche d'abord sur un plateau de calcaire oolithique

où sont exploitées les carrières d'Allemagne; mais bientôt cette route descend vers la Laize; et au point où elle traverse ce ruisseau, on trouve le terrain cambrien représenté dans cette localité par une grauwacke schisteuse à grains fins, alternant avec un schiste argileux, jaunâtre. La nature de cette roche, jointe à sa direction qui est E. 25° N., caractérise ce terrain qui affleure seulement au fond de la vallée. Aussitôt qu'on s'élève de quelques mètres, on trouve un poudingue quartzeux, composé de galets de quartz hyalin laiteux, reliés par une pâte de schiste argileux rougeâtre. Ce poudingue contient en outre des grains de feldspath blanchâtre ou rosâtre, et des fragments peu nombreux de schiste argileux et de grauwacke. Cette roche arénacée, appelée conglomérat pseudo-porphyritique par M. Hérault, repose en couches inclinées au plus de 20°, sur les tranches du schiste; sa direction est O. 10° N. Il forme la couche la plus inférieure du terrain silurien; quelques couches minces de grès quartzeux verdâtre le recouvrent immédiatement; au-dessus on trouve du calcaire compacte gris-clair, en couches peu épaisses alternant à plusieurs reprises avec le grès précédent; ce calcaire, désigné dans le pays sous le nom de calcaire marbre, ne contient aucun fossile; plusieurs carrières sont ouvertes à Notre-Dame-de-la-Laize presque immédiatement au-dessus des schistes; il en existe également à Bully et à Vieux, bourgs situés un peu à l'ouest de la route. Le calcaire y forme des couches plus épaisses, et ses caractères sont un peu différents: à Vieux, il est blanc jaunâtre nuancé de rose, ou entièrement rosé, quelquefois même d'un rouge vif. Sa cassure est toujours très-compacte;

Poudingue à la partie inférieure du terrain silurien.

il renferme quelques points blancs ayant une certaine analogie avec des encrines. A Bully, comme à Notre-Dame-de-la-Laize, le calcaire est intercalé dans des couches de grès, dans lesquelles il constitue de vastes amandes. Ces couches de grès, toujours schisteuses et souvent micacées, forment les premières assises du grès quartzeux, fort développé à May. Ce grès est composé, de grains de quartz hyalin reliés par un ciment siliceux. Les grains sont le plus ordinairement très-fins, de sorte que la roche devient, pour ainsi dire, un quartz grenu; fréquemment aussi, il contient des galets, et présente un passage au poudingue qui forme la partie la plus inférieure du terrain. Plusieurs couches de ce grès sont micacées : cette roche est ordinairement solide et très-dure; cependant, dans quelques parties, elle est à l'état de sable micacé. Enfin elle est fréquemment traversée de petits filons de quartz blanc. A May, le grès est fortement coloré en rouge par de l'oxide de fer, cette circonstance lui a fait donner improprement le nom de vieux grès rouge; celui-ci appartient à l'étage supérieur des terrains de transition, et est lié avec le terrain houiller. La couleur rouge est du reste accidentelle, même dans les carrières de May; il y existe aussi des couches peu colorées, et les mêmes grès dans le département de la Manche, ainsi que dans toute la Bretagne sont, au contraire, presque constamment d'un beau blanc. M. Hérault qui a fait connaître le premier, dans plusieurs mémoires intéressants (1), les terrains de transition du Calvados, a découvert des fossiles nombreux et variés

Grès de May.

(1) *Annales des mines*, 2e série, tome X, page 511; — 3e série, tome V, page 303; — *id.*, tome VI, page 97.

dans les carrières de May. La plupart de ceux que l'École des mines possède lui ont été donnés par ce savant. D'après la détermination qu'en a faite M. Deslonchamps, les fossiles qui existent dans le grès de May, sont :

Fossiles du grès de May.

Asaphus Brongnartii.
Asaphus brevicaudatus.
Asaphus incertus.
Nautile.
Un orthocère de très-grande dimension.
Deux espèces de conulaires.
Un trochus.
Cypricarde.
Modiole.
Deux térébratules, l'une lisse, l'autre striée : cette dernière est très-abondante. (Il existe une petite couche presque entièrement formée d'empreintes de cette coquille. Leur surface est hérissée de petits cristaux de quartz hyalin.)
Deux productus.

On trouve, en outre, quelques moules trop imparfaits pour qu'on puisse reconnaître les genres auxquels ils se rapportent.

Calcaire à orthocères de Feuguerolles.

En face de May, et sur l'autre rive de l'Orne, le grès est recouvert, à Feuguerolles, par des schistes argileux, noirs, bitumineux qui alternent avec un calcaire noir également très-chargé de bitume; ces schistes noirs, micacés dans quelques parties, ont une certaine analogie avec les schistes houillers, aussi a-t-on fait des recherches de houille à différentes époques dans le calcaire de Feuguerolles. Ce calcaire, dont la texture est presque constamment schisteuse, devient quelquefois dur et sublamellaire comme le marbre ; sa stratification est la même que celle

du grès sur lequel il repose ; il plonge de 45° au N. 20° E. M. Deslonchamps, qui a le premier signalé le calcaire de Feuguerolles, y a découvert plusieurs fossiles propres à ce terrain, les principaux sont :

Deux espèces de graphtholites, l'une analogue à celle des calcaires noirs de Scandinavie ; l'autre nouvelle, ressemblant à une plume.

Un bellerophon à carène dorsale très-aiguë.

Deux orthocératites, une très-commune, et qui se présente à tous les âges, paraissant très voisine de l'*orthocera Stenhaueri* Sow ; l'autre, dont les dimensions sont très-grandes, de 15 à 18 pouces de long, n'offre que des fragments qu'il est impossible de déterminer.

Un productus à stries fines et multipliées.

Une avicule très-petite.

Deux bivalves, voisines du genre mytilus.

Enfin de très-petites bivalves presque microscopiques.

Calcaire de Saint-Sauveur-le-Vicomte.

Ce calcaire appartient par ses fossiles à l'assise inférieure du terrain silurien, la seule qui existe en Normandie. A Feuguerolles, le calcaire est peu dévéloppé ; mais sur la côte ouest du département de la Manche, à Surtainville et à Saint-Sauveur-le-Vicomte, il se présente avec une épaisseur considérable. Dans les carrières nombreuses ouvertes dans ces deux localités, le calcaire est très-dur, mélangé de beaucoup d'entroques et complétement analogue par ses caractères extérieurs, avec le calcaire bleu de la Belgique ; mais les fossiles qu'il contient, dont les principaux sont des trilobites des orthocères très-grandes, la même qu'à Feuguerolles et des productus (voisins de l'*hemisphericus*) ne permettent pas de l'associer avec ce

calcaire, tandis qu'au contraire ces fossiles sont analogues à ceux du calcaire de Dudley, lequel appartient précisément à l'étage inférieur du terrain silurien de M. Murchison.

Les productus se trouvant exclusivement en Angleterre dans le calcaire de montagne, on a élevé des doutes sur l'âge du calcaire de Saint-Sauveur-le-Vicomte qui renferme ce fossile avec quelque abondance. Les mêmes productus se retrouvent dans le calcaire de Feuguerolles. La liaison intime qui existe dans cette localité, entre le grès et le schiste qui contiennent l'un et l'autre des trilobites, des conulaires et des orthocères, ne permet pas de séparer le calcaire et d'en faire un terrain particulier. On verra en outre, dans la suite de ce mémoire, que les productus se représentent dans plusieurs autres localités, dont l'association au terrain silurien est certaine ; il faut donc admettre, que ces fossiles caractéristiques du calcaire de montagne commencent déjà à paraître dans le terrain silurien.

Les schistes argileux de cet étage, peu développés à Feuguerolles, présentent au contraire une grande puissance à Surtainville et Saint-Sauveur-le-Vicomte.

Grès du Pont-de-la-Landelle.

Le terrain cambrien reparaît sur les bords de l'Orne à Harcourt, et dans toute la partie, où la route de Caen à Condé longe cette rivière, on voit le schiste bleu former l'escarpement inférieur, il conserve constamment la même direction E. 20° N., en plongeant au N. Les sommités des coteaux sont formées par le terrain silurien, qui présente un grand développement de grès, il est exploité au Pont-de-la-Landelle, les couches que l'on observe dans ces carrières sont :

1° Des grès schisteux micacés rougeâtres, contenant quelques galets.

2° Des grès siliceux jaunâtres légèrement micacés. Les couches de ces grès sont séparées par des lits minces, schisteux et très-micacés. A la partie supérieure de ces carrières, le grès siliceux est très-compacte et se casse en fragments pseudo-réguliers.

Terrain silurien entre Vire et Granville.

A Villedieu et Fleury, entre Vire et Granville, le grès inférieur du terrain silurien présente des caractères particuliers qui l'ont fait prendre pour du grès bigarré; il est schisteux, micacé, coloré en rouge et mélangé de parties verdâtres claires.

La faible inclinaison de ces grès, qui ne s'élève pas au-dessus de 6 degrés, rend cette association naturelle, mais quand on suit cette formation jusque près de Granville, on voit les couches se relever, elles alternent alors avec un calcaire qui ne laisse plus aucun doute sur l'âge des grès.

Poudingue siliceux.

Les premières couches, qui reposent à Sainte-Cécile immédiatement sur le granite des montagnes de Vire, sont formées d'un poudingue quartzeux, grossier, presque sans adhérence; la facilité avec laquelle ce grès se désagrège, l'irrégularité de ses couches presque horizontales, me l'ont fait confondre dans les premiers moments avec les poudingues tertiaires qui recouvrent un grand nombre de plateaux de la Normandie, mais en avançant vers l'Ouest ce poudingue est recouvert à Villedieu par un grès schisteux rougeâtre micacé, qui appartient au terrain silurien, de sorte que le poudingue dépend de ce même terrain, et en forme les couches inférieures. A Fleury, à Camprepus et à Beauchamps, ce grès est exploité pour meules et pour moëllons; dans

cette première localité, le schiste est très-micacé, il forme des couches minces, régulières, de 2 à 4 pouces de puissance; à Beauchamps, on voit le poudingue au-dessous des couches schisteuses; ces dernières alternent avec des argiles schisteuses rouges qui se délitent en petits fragments comme dans le grès bigarré; quelques couches verdâtres, également micacées, viennent ajouter de la ressemblance entre ce grès et le grès bigarré. Du reste, cette similitude de caractères entre des grès d'époques différentes est constante.

Développement des couches de grès micacé.

Si on étudie la formation qui nous occupe, exclusivement sur la route de Granville, on peut conserver des doutes sur son âge, mais entre cette ville et Coutances, il est facile d'éclaircir cette question; cette même formation se prolonge au Nord, elle y constitue les landes du Parquet, et on la voit à Hienville, une lieue avant Coutances, avec les mêmes caractères qu'à Villedieu. En effet, il existe des poudingues à la partie inférieure de l'escarpement, puis des grès rougeâtres micacés, seulement les poudingues se prolongent dans les grès et ces deux roches alternent à plusieurs reprises ensemble. Des argiles schisteuses rouges et vertes en couches nombreuses et puissantes recouvrent les grès micacés; ces différentes couches, associées d'une manière intime, forment un ensemble qui plonge de 25° au N. 12° E.: la stratification correspond donc à celle qui caractérise le terrain silurien; outre cette preuve, on en trouve à quelques pas de Hienville une encore plus positive, qui résulte de la présence du calcaire exploité de l'autre côté du pont, au milieu même du grès schisteux; ce calcaire d'un gris clair renferme les mêmes productus que j'ai

Calcaire intercalé dans le grès à Hienville.

signalés plus haut; il contient aussi quelques polypiers. A une très-petite distance de la côte d'Orval, le grès, d'un gris rougeâtre, forme de nouveau des couches assez épaisses supérieures au calcaire; la direction de ces couches de grès est E. 12 à 15° S.

Le calcaire de Hienville correspond exactement à celui de Vieux et de Bully, il est intercallé comme lui au milieu de couches de grès. On ne peut donc conserver aucun doute sur l'âge des grès schisteux de Villedieu et de Fleury, et ces localités nous fournissent un exemple remarquable du développement que prend quelquefois la partie inférieure du terrain silurien.

Poudingue d'Erqui à la base du terrain silurien.

Les poudingues que j'ai indiqués, comme formant la séparation des deux terrains de transition, présentent un développement considérable à la côte d'Erqui, dans la baie de Saint-Brieux. Cette localité est encore un point de repère très-intéressant à faire connaître, parce qu'elle présente un nouvel exemple de la superposition des deux terrains; de plus, on voit de l'autre côté de la baie, aux environs de Paimpol, ces mêmes poudingues associés au schiste, de sorte qu'il ne peut y avoir d'incertitude sur leur âge.

La pointe du cap Fréhel, est formée en grande partie de siénite, mais sur son revers ouest on voit près d'Erqui, le schiste ancien recouvert par un poudingue composé de galets de quartz rose, de quartz laiteux, et quelques galets de schiste reliés par un ciment de schiste argileux rougeâtre; les galets de quartz sont assez gros, dans les couches immédiatement supérieures au schiste; dans la descente du moulin de la Garenne, ces galets sont même accumulés avec tant d'abon-

dance, qu'on ne distingue plus la stratification; au-dessus des poudingues existent une succession de couches légèrement rougeâtres presque rosées. Les premières, fort dures, sont analogues au quartzite, la cassure en est esquilleuse; cependant on y observe parfaitement les grains de quartz hyalin; des couches moins dures, et surtout moins résistantes, succèdent aux premières. Ces dernières sont exploitées pour les constructions du pays. Ces deux espèces de couches alternent ensemble; elles sont presque toujours séparées par de petites couches schisteuses micacées, rougeâtres, ou verdâtres, analogues au grès de Villedieu et de Fleury (*Pl. VI*, *fig.* 4). Le grès est fréquemment traversé par de petits filons de quartz compacte blanc qui courent dans tous les sens; l'inclinaison générale du terrain, peu considérable, est de 10 à 12° vers le N. 25° E.; cependant à la roche du Marais cette inclinaison s'élève jusqu'à 40 degrés.

Grès analogue à celui d'Erqui, près de Paimpol.

Le grès d'Erqui se prolonge de l'autre côté de la baie de Saint-Brieux, on le retrouve sur la route de Lanvollon à Paimpol et près de la chapelle de Notre-Dame de Kerfort. Le grès, exactement semblable au précédent, est formé par de petits galets de quartz rose réunis par un ciment tantôt siliceux, tantôt argileux; quelques couches à grains fins un peu verdâtres, sont associées avec des argiles schisteuses, elles y forment des lits qui ont rarement plus de deux à trois pouces de puissance; cependant quelques-uns ont cinq à six pouces d'épaisseur et donnent de bons moëllons; la surface de ces couches de grès, est souvent adhérente à du schiste verdâtre pailleté, à la manière des grauwackes schisteuses. Les couches de grès

diminuent à mesure qu'on s'éloigne de la partie inférieure de la formation, tandis que celles de grauwacke schisteuse augmentent; elles passent à un schiste verdâtre, qui, à Paimpol, forme toute la côte. Ce schiste, traversé dans tous les sens par des porphyres quartzifères, est fortement modifié; il est verdâtre et passe par degrés insensibles à des amygdaloïdes, tantôt verdâtres, tantôt brunâtres. Le mot passage, n'est peut-être pas celui qui rend le mieux la disposition de la roche, parce que les parties amygdaloïdes forment des espèces de rognons entourés de tous côtés par du schiste dont la texture et la couleur sont conservées; toute la roche est devenue dure, elle a pris une cassure esquilleuse, habituelle aux schistes qui possèdent un certain état cristallin; néanmoins malgré cette altération, les parties amygdalaires ont conservé leur texture générale, ainsi que leur stratification qui est E. 10° S. La pointe de Guilben, qui forme la côte sud de la baie de Paimpol, présente la même direction que les couches du terrain, elle est entièrement composée de ces roches schisteuses modifiées: leur état d'altération ne permet pas de constater la stratification, quand on les examine de près; mais de loin, on voit les couches se succéder, et on peut très-bien en prendre la direction et l'inclinaison; c'est surtout dans la baie de Beaufort, située sur le revers sud de la pointe de Guilben, qu'on distingue parfaitement la stratification du terrain; placé à l'extrémité de cette pointe, on remarque que les schistes de Paimpol recouvrent les grès de la chapelle de Kerfort dont nous venons de parler il y a quelques lignes.

Schiste passé à l'état d'amygdaloïde.

Les amygdaloïdes verdâtres sont beaucoup plus abondantes que les brunes, mais celles-ci sont

plus solides; il en résulte que sur le bord de la mer les fragments en sont plus nombreux. Les amygdaloïdes vertes sont schisteuses, et la direction générale de leurs feuillets est la même que celle du terrain de transition qui les renferme; il est dès lors évident qu'ils appartiennent à du schiste, dont la texture a été changée par une action postérieure, qui a permis à certains éléments de la couche de se réunir sous forme d'amandes. Les amygdaloïdes brunâtres sont presque toujours à cavités vides, comme une scorie, mais c'est la seule ressemblance qu'elles affectent avec les roches volcaniques. Lorsque les cavités sont remplies, elles contiennent soit des noyaux verdâtres plus durs que la masse, soit des noyaux siliceux. Dans ce cas, les amandes sont très-petites. Les amygdaloïdes paraissent caverneuses, parce que les noyaux ont disparu à la surface de la roche; mais souvent aussi les cavités n'ont jamais été remplies, et ce sont des vacuoles, qui se sont formées par l'action de la chaleur, que les porphyres ont communiquée au terrain.

Les amygdaloïdes sont des roches altérées.

L'examen attentif de cette localité, joint à l'étude des amygdaloïdes de Saint-Georges-sur-Loire, et de la Roche près Tréguier, que j'aurai l'occasion de décrire dans ce Mémoire, me paraissent prouver que les amygdaloïdes de la Bretagne, n'ont pas été produites par soulèvement, elles sont, au contraire, le résultat de l'altération du terrain de transition par le contact des porphyres. De sorte que ces amygdaloïdes, au lieu d'être une cause, ne sont qu'un effet. La disposition des roches de la baie de Beaufort, à la fois schisteuses et amygdalaires, ne peut s'expliquer que par cette supposition; les rognons d'amygdaloïdes seraient des

parties fondues, qui auraient cristallisé, tandis que les caverneuses n'auraient été que ramollies.

Ces schistes altérés renferment fréquemment des rognons de jaspe rouge, contenant du fer oligiste dans ses cavités, des veines de quartz compacte esquilleux qui pourraient bien être le résultat de l'altération du grès, enfin des parties vertes disséminées d'une manière irrégulière dans les couches, ayant de l'analogie avec l'épidote. C'est principalement à Lézardrieux, à une lieue à l'ouest de Paimpol, et sur le prolongement des couches que nous avons décrites, que l'on trouve du jaspe et du fer oligiste.

Le porphyre ne sort pas précisément au milieu des schistes modifiés. C'est sur le côté nord de la baie que l'on observe principalement cette roche; elle y forme quelques îlots; mais elle est surtout abondante un peu au nord de Paimpol, où elle se mélange d'une manière indistincte avec les granites de la côte. Les porphyres sont composés d'une pâte de feldspath compacte gris à cassure esquilleuse; ils contiennent des cristaux de feldspath blanc, et des cristaux de quartz hyalin; on y trouve quelquefois des aiguilles d'amphibole, mais il n'y existe pas de paillettes de mica.

Les couches de schiste modifié forment une bande peu épaisse d'une régularité remarquable, dirigée comme la stratification du terrain de Paimpol à Tréguier; elle est constamment à la limite des terrains de transition et des porphyres qui sortent sur toute sa lisière.

Le grès marque la séparatoin des terrains cambrien et silurien.

Les détails, que je viens de donner sur la position des couches, prouvent d'une manière incontestable, que le grès forme toujours les parties inférieures du

terrain silurien, et que souvent même la base de cette assise est à l'état de poudingue siliceux. Cette connaissance nous fournit un repère géognostique très-important pour classer les terrains de transition, quand nous ne possédons aucun autre caractère. La position de ce grès m'a servi de point de départ, ainsi que j'ai eu déjà l'occasion de le faire remarquer, pour séparer du terrain silurien les schistes satinés du Finistère.

Terrain compris entre Nantes et Rennes.

L'assise inférieure du terrain silurien présente fréquemment un grand développement de roches schisteuses superposées au grès quartzeux. La route de Nantes à Rennes, qui coupe les couches en travers, nous fournit l'occasion d'étudier ce système schisteux avec détail. Cette coupe (*Pl. VI, fig.* 1) présente en outre une circonstance particulière très-intéressante, c'est que le terrain de transition y forme plusieurs plis qui lui donnent une épaisseur apparente beaucoup plus considérable qu'elle ne l'est en réalité; l'alternation réitérée des couches de grès et de schistes que l'on y observe n'est également qu'apparente.

Schiste cambrien

Le granite, exploité à Nantes même, se prolonge à 6 lieues au nord de cette ville, jusqu'un peu au-dessus du point, où la route coupe le canal de Brest. Des schistes talqueux succèdent immédiatement à ce granite, ils sont recouverts par des roches schisteuses vertes, satinées, assez fissiles : dans les environs de Redon, et à Nozay elles sont exploitées comme ardoises grossières, ou pour plaques qui servent à faire des séparations de champs. Ces schistes sont entièrement analogues à ceux du terrain cambrien; leur position au-dessous du grès doit également les faire ranger dans ce terrain, quoique leur stratification qui

est très-régulière, E. 10° S., se rapporte au terrain silurien. Le grès qui forme la base de ce dernier terrain recouvre bientôt les schistes; on le trouve à une petite distance de Derval; il constitue une grande lande dont le sol est sablonneux, plusieurs excavations ouvertes pour l'entretien de la route, montrent que le grès solide se trouve à quelques pouces au-dessous de la surface; il est jaunâtre très-clair, contient des empreintes de coquilles bivalves, et surtout de nombreux corps vermiculaires allongés, dont j'ai déjà signalé l'existence dans ce grès, notamment à Mortain et dans les environs de Cherbourg. Le grès se prolonge jusqu'à 1/4 de lieue au delà de Bain; une grauwacke schisteuse d'un gris verdâtre pailleté lui succède, elle contient des trilobites; M. Boblaye en a recueilli un grand nombre; elles appartiennent à deux genres différents:

Schiste à trilobites de Bain.

Les Calymènes de Tristan;
Les Asaphes.

Ces trilobites, que nous avons citées dans le grès de Jurques et dans le calcaire de Saint-Sauveur-le-Vicomte, établissent une complète identité entre les couches de l'assise inférieure du terrain silurien. Un peu plus au N., en marchant vers Rennes, le schiste devient d'un bleu-noirâtre foncé, il est alors très-fissile et exploité pour ardoises; il en existe plusieurs carrières sur les bords du Saumont, avant Poligné. Mais à peine s'élève-t-on sur la côte où est situé ce bourg, qu'on remonte sur le grès lequel forme une petite chaîne, puis s'enfonce sous le schiste, et reparaît de nouveau dans la petite vallée qui la termine au Nord : ce schiste présente les deux mêmes variétés que près de Bain, c'est-à-dire qu'il existe dans cette localité

une grauwacke schisteuse, grise, à grains pailletés et un schiste bleu très-foncé, exploité pour ardoises. Ce retour périodique de ces deux roches schisteuses est accompagné d'une circonstance remarquable, c'est que le plongement du schiste, au sud et au nord de Poligné, est en sens inverse, d'où il résulte que le terrain présente un pli dont le grès forme la partie intérieure; toutes les côtes au nombre de huit, qui sillonnent la route de Nantes à Rennes, depuis Derval jusqu'au Pont-Péan, sont formées par le grès, tandis que le schiste apparaît constamment dans les vallées. La direction du terrain, dans cette épaisseur qui est d'au moins douze lieues, ne varie pas de deux degrés, elle est constamment E. 10 à 12° S. Le plongement des couches, au contraire très-variable, change sur le versant opposé de chaque chaîne, quant à son angle d'inclinaison, il est ordinairement assez fort, 60 à 70° pour les schistes, tandis qu'il n'est souvent que de 20 à 25° pour le grès. Cette disposition, jointe à la circonstance particulière que cette dernière roche forme le sommet de toutes les collines, pourrait faire supposer au premier abord que le grès recouvre le schiste en stratification discordante, et qu'il constitue partout un chapeau sur cette même roche, comme cela existe aux environs de Vire et de Saint-Lô; mais cette supposition tombe devant l'étude des directions; en effet, nous avons vu qu'en Normandie, les couches de schiste sont transversales aux collines, que par conséquent elles passent dessous les collines, et qu'on les retrouve sur les deux versants, exactement dans le prolongement les unes des autres. Sur la route de Nantes à Brest, les couches de schiste sont au contraire parallèles à

Retour périodique du grès et du schiste.

la direction des chaînes, et leur inclinaison change à chaque ondulation du sol ; pour expliquer cette disposition, il faut admettre que tout le terrain a été plissé, et que les petites vallées longitudinales, où apparaissent les schistes, occupent les cavités des rides, tandis que le grès en forme les convexités. Cette supposition explique naturellement pourquoi l'inclinaison des couches de grès est moindre que celle des schistes, puisqu'ils forment le sommet du pli, elle indique en outre que l'épaisseur du grès doit être plus considérable que celle des schistes, ce qui a lieu effectivement, car les parties de la route tracées sur les plateaux, sont plus étendues que celles qui traversent les vallées.

Schiste avec ampélite de Poligné.

Près Poligné, le schiste du tertre gris est coloré en noir par une certaine quantité de charbon, dont la présence a fait faire des recherches infructueuses. Ce schiste contient en outre une grande quantité de pyrites, donnant par leur décomposition du schiste alumineux ; celui-ci est traversé souvent par des veines de gypse fibreux produites peut-être par une double décomposition ; ce schiste ampélite correspond entièrement au schiste calcaire noir de Feuguerolles sur lequel on a également fait des recherches de houille ; il contient, comme ce dernier, des moules de térébratules et des graphtolites ; on n'y a pas trouvé d'orthocères. La grande quantité de pyrites, que contient le schiste noir du tertre gris, a produit par leur décomposition, une chaleur considérable qui a incinéré le schiste ; cet incendie naturel a transformé le schiste en un tripoli fort estimé ; elle a en outre donné aux roches qui l'ont subie, des caractères particuliers qui ont fait supposer qu'il avait existé un volcan

à Poligné; on peut prendre, il est vrai, cette idée à la vue de quelques échantillons, mais l'inspection des lieux indique la cause des caractères ignés que possède le tripoli de Poligné. M. Boblaye a depuis longtemps détruit cette erreur, dans le mémoire intéressant qu'il a publié sur la Bretagne, et que j'ai déjà eu l'occasion de citer plusieurs fois.

Grauwackes schisteuses lie-de-vin.

Au-dessus des couches de grès et de schistes qui lui sont associés, on trouve aux environs de Rennes, des grauwackes schisteuses d'un rouge lie-de-vin et vertes qui alternent ensemble un grand nombre de fois. Elles se délitent irrégulièrement, et ressemblent d'une manière frappante à certaines roches des Alpes; la direction de ces couches, constamment la même, est à Rennes E. 12° S.; leur inclinaison ne s'élève pas au delà de 30 degrés. C'est sans doute ce qui fait paraître cette assise du terrain silurien aussi épaisse.

Les grauwackes schisteuses vertes et lie-de-vin se prolongent au nord jusque près de la rencontre des granites qui appartiennent à la grande bande du centre de la Bretagne; pour connaître les couches supérieures à ces grauwackes, il faut se transporter sur leur prolongement à l'est de Rennes. La route de Laval à Rennes, qui forme avec la ligne est-ouest un angle de 10 degrés environ du côté du sud, suit presque la stratification du terrain; il résulte de cette direction que l'on retrouve sur cette route la même grauwacke lie-de-vin avec paillettes de mica argentin, qui existe à Rennes; les couches, qui recouvrent cette grauwacke au Nord de cette ligne, complètent donc la coupe que donne la route de Nantes à Rennes.

Calcaire à trilobites de Saint-Gervais.

Près de Vitré, il existe à Saint-Gervais, commune d'Isé, un calcaire compacte gris-clair,

supérieur à la grauwacke; il contient des entroques et un grand nombre de coquilles et de polypiers; les fossiles principaux sont des spirifers (Sp. speciosus), des térébratules (T. serrata), et des coraux; on y trouve aussi quelques trilobites et des conulaires. La présence de ces derniers fossiles est importante : elle établit une connexité complète, d'une part, entre le calcaire de Saint-Gervais et les schistes de Bain, et de l'autre, entre ce même calcaire et le grès de May. Il en résulte par conséquent, que cette assise, quoique formée de couches de nature essentiellement différente, constitue un ensemble qu'on ne saurait séparer. Dans les carrières de Saint-Gervais, le calcaire forme plusieurs bancs de 0m,40 de puissance, séparés les uns des autres par des couches de marnes schisteuses verdâtres qui contiennent, comme le calcaire, un grand nombre de fossiles, surtout des polypiers et des térébratules.

Le calcaire de Saint-Gervais constitue une assise bien distincte qui occupe constamment la place que nous venons de lui indiquer. Il existe encore dans le terrain silurien une seconde assise de calcaire, mais elle est placée à la partie supérieure de la série. Le premier de ces calcaires se retrouve à Joué près Laval, dans la forêt de la Haute-Sèvre, à Canon, dans la commune de Chevaigne, et même près de Rennes, où il est représenté par de simples noyaux calcaires disséminés dans la grauwacke schisteuse violette.

Anthracite de la Baconnière.

Au nord de cette ligne de calcaire, entre Laval et Vitré, on exploite de l'anthracite à la Baconnière; ce combustible appartient à la partie supérieure du terrain de transition. Pendant longtemps on l'a regardé comme étant de la véritable houille, mais tous les caractères se réunissent

pour montrer qu'il est enclavé dans les terrains de transition. Un peu au-dessous des couches de combustible, on trouve un poudingue contenant des galets de quartz hyalin laiteux, de quartz noir, de schiste, et même de grès analogue au quartzite. Cette roche formant les couches les plus anciennes du terrain silurien, il n'est pas étonnant de la retrouver en galets dans la partie supérieure du même terrain. Le poudingue est recouvert par des schistes noirs, fissiles, et charbonneux au milieu desquels sont déposées les couches de combustible qu'on exploite à la Baconnière. Au-dessus de ces schistes noirs, existe un calcaire compacte, gris foncé, contenant une grande quantité de spirifers, de térébratules, quelques entroques, des trilobites et des orthocères assez rares ; on y trouve également des amplexus, dont la longueur atteint quelquefois un pied : ce fossile tout à fait inconnu dans le calcaire de Saint-Gervais et de Joué, est au contraire caractéristique du calcaire associé à l'anthracite. Nous verrons bientôt qu'il se retrouve avec abondance dans le calcaire de Sablé, placé précisément dans la même position.

Calcaire de la Baconnière.

C'est au-dessus de ce calcaire que l'on exploite l'anthracite de la Baconnière; il est en outre recouvert par cette même roche, de sorte qu'il semblerait que l'anthracite forme dans cette localité un vaste amas enveloppé de tous côtés par le calcaire; son âge est donc bien déterminé. Les nombreuses impressions répandues dans les schistes noirs qui accompagnent l'anthracite, confirment cette opinion, que je développerai plus tard en parlant des environs d'Angers. Les trilobites et les orthocères trouvées dans le calcaire de la

Baconnière annoncent que nous sommes encore dans le terrain silurien.

Cette partie supérieure des terrains de transition est très-développée dans les environs de Huelgoät et de Poullaouen ; on n'y trouve pas d'anthracites, mais les schistes contiennent quelques empreintes végétales analogues à celles qui accompagnent ce combustible dans les mines des bords de la Loire, entre Angers et Nantes.

Couches traversées par la mine d'Huelgoät.

L'exploitation de la mine d'Huelgoät, a fait connaître l'existence d'une roche singulière, verdâtre, ce qui m'engage à donner la coupe des couches que ses travaux ont rencontrées. La galerie dite des Tirans, ouverte sur la pente de la montagne, et qui servait, avant l'établissement de la machine à colonne d'eau, à transmettre le mouvement de la roue hydraulique aux pompes d'épuisement, traverse les couches presque perpendiculairement à leur direction; la réunion des couches qui existent dans cette galerie à celles que l'on observe à l'extérieur donne la succession suivante :

1° Immédiatement en contact avec le granite, on trouve un schiste noir, dur, très-sonore, souvent attirable à l'aimant, contenant des taches allongées assez épaisses, qui ont une grande analogie avec des macles.

2° Cette couche passe d'une manière continue à un schiste noir maclifère pailleté; les macles qu'il renferme sont souvent assez nettes pour qu'on puisse y distinguer la forme prismatique et les dessins particuliers qui caractérisent cette espèce.

3° Un schiste noir très-carburé et très-tendre,

désigné sous le nom de schiste à laumonite, succède immédiatement; il est traversé en tous sens par de petits filons de laumonite et de chaux carbonatée; ce schiste, qui se délite facilement, forme la première couche traversée par la mine; la présence des filons de laumonite est sans doute encore en rapport avec l'altération des deux premières couches de ce terrain.

4° Le schiste à laumonite est recouvert par une série de couches schisteuses tantôt noirâtres, tantôt verdâtres, moins foncées en couleur que le n° 3, moins dures que les schistes maclifères n°s 1 et 2, mais beaucoup plus résistantes que le schiste carburé sur lequel il repose. Quelques couches d'une grauwacke à grains fins, dans laquelle on distingue des parties blanches feldspathiques, font partie de cette série. On a trouvé dans cette couche des empreintes de spirifers (S. speciosus). Elle correspond exactement à la grauwacke fossilifère des bords de la rivière du Faou, dans laquelle on trouve des débris d'encrines, et des moules de trilobites, de spirifers et d'orthocères; ces fossiles y sont tellement abondants que chaque coup de marteau en fait découvrir un grand nombre de fragments. On les retrouve dans d'autres points de la Bretagne, notamment aux environs de Braspars et au Pont-du-Bois entre Quimper et Brest. La texture de cette grauwacke est généralement lâche, peu résistante et arénacée, de sorte qu'elle passe à un véritable grès contenant des points feldspathiques blancs. Cette roche, souvent ocreuse, est quelquefois d'un gris verdâtre. Elle est très-abondante dans les environs de Brest; à la poudrière du Faou, la grauwacke est immédiatement recouverte par le calcaire : tous les gîtes de calcaire de

la rade de Brest sont dans cette position ; ils correspondent au calcaire inférieur du terrain silurien.

Porphyre intercalé dans le schiste.

5° La galerie traverse ensuite une espèce de porphyre d'un blanc verdâtre, dont la couleur et la texture varie ; souvent ce porphyre est terreux; il se présente alors sous l'aspect d'une masse argileuse blanche, analogue à l'elvan décomposé qui forme des filons si puissants dans le terrain de transition du Cornouailles. Malgré la régularité de la stratification, je présume que cette roche est postérieure au terrain, et qu'elle appartient au porphyre quartzifère, dont on rencontre des filons aux environs même d'Huelgoät ; l'impossibilité d'observer ces porphyres au dehors de la mine, m'empêche d'avoir une opinion positive à leur égard ; mais cette roche, ainsi que celle sous le n° 8 ne sont pas habituelles au terrain de transition, tandis qu'elles ont au contraire tous les caractères de roches ignées introduites postérieurement. Ce porphyre n° 5, très-dur quand on l'exploite, devient friable par une exposition prolongée à l'air, ce qui oblige de boiser solidement les parties de galerie pratiquées dans cette roche; elle contient une grande quantité de pyrites blanches qui activent peut-être beaucoup, par leur décomposition, l'altération et l'efflеurissement que cette roche éprouve dans les travaux.

6° En contact avec le porphyre précédent, on trouve une couche énorme de poudingue, qui, à la galerie dite du quatrième niveau, a jusqu'à 80 mètres de puissance. Ce poudingue, composé de galets de grès analogue à celui qui forme les premières couches du terrain silurien, contient en outre des galets de schiste, de grauwacke schis-

teuse, et même de porphyre feldspathique; dans ces derniers galets on reconnaît fréquemment des cristaux blancs terreux ayant la forme du feldspath; la présence de ces cristaux me fait penser que ces galets ne sont pas de même nature que les porphyres quartzifères auxquels j'ai rapporté la roche n° 5 : ils proviennent plutôt de la destruction de certains porphyres liés aux granites anciens. Ces galets sont de toutes grosseurs, quelquefois leur grand diamètre a plus d'un pied de longueur; d'autres fois, au contraire, ils sont au plus gros comme un pois, mais ils sont toujours visibles; les galets de grès sont ordinairement les plus gros, les schistes constituent les plus petits. La pâte de ce poudingue, ordinairement blanche, est fort analogue à celle du porphyre décomposé n° 5; elle pourrait aussi être due à de l'argile produite par la trituration du schiste : dans quelques parties de la couche, les galets sont peu abondants, le poudingue passe alors à une roche homogène terreuse. Ce poudingue se retrouve au jour aux environs de la mine, et je crois dans plusieurs autres points.

Poudingue au milieu des schistes.

7° Le poudingue est recouvert par une succession de couches de schistes divers, de grauwackes schisteuses et de grès gris; ces roches, toutes fortement colorées en noir et très-pyriteuses, sont en général assez tendres et passent de l'une à l'autre par degrés insensibles. Ce système de couches correspond à l'assise anthraxifère qui recouvre la partie supérieure du terrain silurien. C'est dans ces couches schisteuses qu'on trouve à Huelgoät quelques empreintes végétales peu nettes, mais cependant fort analogues à certaines que j'ai recueillies à la Haye-Longue, près d'Angers. Dans

cette partie de la Bretagne, il n'existe pas d'anthracite au milieu des couches supérieures du terrain de transition; tandis que dans la baie de Dinan, près Crozon, on a trouvé quelques indices de ce combustible encaissés dans des couches de grès; d'après cette position, on doit les rapporter à l'ampélite, qui dépend de l'assise inférieure du terrain silurien.

Le poudingue, n° 6, que quelques personnes supposent produit par trituration et lié avec le porphyre feldspathique n° 5, pourrait représenter la limite des deux assises du terrain silurien. Dans ce cas, le système des quartzites, dont la partie inférieure n'existe pas à Huelgoät, s'étendrait jusqu'au poudingue, et celui-ci formerait la base des couches anthraxifères. Si on compare ce poudingue avec celui de la Baconnière, on voit qu'il contient, comme ce dernier, des galets de grès et de schiste, arraché à la partie inférieure des terrains de transition, et cependant le poudingue de la Baconnière est bien clairement la base du terrain à anthracite; à Huelgoät, cette roche arénacée est régulière, elle se trouve sur une longueur telle qu'il me paraît naturel de la regarder comme partie intégrante du terrain de transition.

Roche verte. 8° On trouve après les schistes, une roche, connue sous le nom de *Roche verte*, dont il est difficile d'indiquer la nature : on la suppose généralement amphibolique, quoiqu'elle ne possède aucun des caractères de ce minéral; elle n'est ni lamelleuse, ni fibreuse; hors de la mine, cette roche paraît, d'après sa direction et sa position relative dans le terrain, correspondre à une amygdaloïde que l'on observe en plusieurs points. Elle contient de petites amandes vertes et

d'autres calcaires. Une circonstance remarquable, c'est que les schistes n°s 7 et 9, immédiatement en contact avec elle, paraissent avoir subi une modification. Le filon se resserre en la traversant, mais il la coupe d'une manière certaine ; et on la voit en former le toit et le mur à tous les niveaux. La roche verte se décompose et s'altère facilement ; elle a une épaisseur moyenne de 40 mètres.

9° On trouve de nouveau des schistes gris très-carburés, analogues aux schistes inférieurs à la roche verte. Ils contiennent une grande quantité de pyrite, et s'effleurissent avec promptitude.

10° Schistes noirs carburés, très-pyriteux, et cependant ne s'altérant pas, par l'exposition à l'air. C'est un fait curieux que cette différence dans la facilité de décomposition de pyrites entièrement semblables.

11° Grauwacke à grains fins, en partie schisteuse et micacée, en partie à l'état de grès très-fin. Il existe, ainsi que nous l'avons indiqué, quelques couches de cette grauwacke et des grès qui lui sont associés au milieu des schistes ; mais c'est surtout à la partie supérieure de cette série de couches que cette roche est abondante. Les filons de Galène de Poullaouen traversent principalement ces couches supérieures de grauwacke ; on y voit peu de schistes ; quant à la roche verte et au porphyre, on ne les retrouve ni dans les travaux de la mine de Poullaouen, ni à la surface du sol, quoique les canaux qui alimentent les roues hydrauliques, sillonnent le pays dans toutes les directions et fournissent la facilité d'en étudier la composition.

La roche verte présente de l'analogie avec les filons-couches de toadstone qui existent dans le ter-

rain de transition du Derbyshire. Le toadstone, dont la nature minéralogique n'est pas bien connue, est verdâtre et terreux comme la roche d'Huelgoät; les filons métallifères qui traversent le toadstone éprouvent également un grand rétrécissement; il est tel, que pendant longtemps on a cru que les filons de plomb étaient interceptés par ces couches étrangères au terrain.

Partie supérieure du terrain silurien.

Pour compléter la description du terrain silurien, il me reste à faire connaître avec quelque détail la composition de sa partie anthraxifère; nous en avons déjà donné un exemple à la Baconnière, mais ce sont surtout, les environs d'Angers qu'il est intéressant d'étudier sous ce rapport: l'anthracite forme sur les bords de la Loire, depuis Saint-Georges-Chatelaison jusqu'à Nort, une bande de plus de 40 lieues de long, sur laquelle sont ouvertes un grand nombre de mines. La direction générale de cette bande E. S. E. - O. N. O. est la même que celle de tout le terrain; elle subit une inflexion près de Chalonnes, laquelle se représente dans toutes les couches; cette seule considération, jointe au peu d'épaisseur du système anthraxifère relativement à sa longueur de 40 lieues sur 1 1/2, suffit pour prouver que ce combustible fait partie du terrain de transition et qu'il n'a pas été déposé dans un bassin très-étroit. Cette conclusion, qui ressort de la disposition générale du pays, devient encore plus certaine, quand on étudie le terrain avec détail.

Groupe anthraxifère.

La partie anthraxifère est fort régulière sur toute cette longueur; elle forme partout trois systèmes de couches ou trois bassins différents. Dans chacun de ces systèmes, on reconnaît deux couches semblables très-voisines l'une de l'autre, et dont l'une

est toujours plus épaisse; la petite couche est plus régulière que la grande; la direction générale de ces couches est E. 18 à 20° S., mais l'inclinaison est en sens inverse dans les deux systèmes extérieurs, tandis que dans celui du milieu, qui est le plus épais, et qu'on distingue sous le nom de grand bassin, une partie des couches plonge au N., et l'autre plonge au S. Cette disposition indique, que ces trois systèmes de couches d'anthracite n'en forment véritablement qu'un seul replié deux fois sur lui-même; ce fait intéressant, ressortira du reste complétement de la description de la mine de la Haie-Longue placée presqu'au milieu de la bande anthraxifère, et représentant très-bien l'ensemble du terrain.

Bande anthraxifère des bords de la Loire.

Le terrain de transition des bords de la Loire s'appuie sur les quartzites de la Vendée: les premières couches sont à l'état de schiste micacé et de schiste talqueux (*Pl. VI*, *fig.* 6), auxquels succèdent, par des passages insensibles, les schistes maclifères et les schistes maculés; le granite coupant le terrain de transition en biseau, ces schistes micacés appartiennent tantôt au terrain cambrien, tantôt au silurien; près de la Haie-Longue les schistes doivent faire partie de ce dernier terrain; mais sous le méridien d'Angers, ils dépendent du terrain de transition le plus ancien, car les grès quartzites de Brissac ne viennent qu'au-dessus: ces schistes étant tous à l'état métamorphique, on pourrait les croire liés au terrain ancien qu'ils recouvrent.

Le schiste noir régulaire succède au schiste micacé; lorsque le grès existe, il repose en stratification concordante sur cette roche; cette superposition importante se voit de la manière la plus claire près des Ponts-de-Cé. Le grès qui commence

Superposition du schiste ardoisier sur le grès.

à se montrer à une petite distance de Brissac, bourg situé à trois lieues au S.-E. d'Angers, se prolonge jusqu'aux escarpements des bords de la Loire, où le schiste bleu tégulaire commence. Près des moulins construits sur cet escarpement les couches reposent en stratification concordante sur le grès, le schiste plonge sous un angle de 75° au N. 25° E., et, quoique les feuillets soient très-contournés, cependant la direction qu'on vient d'indiquer se représente constamment; on marche sur le schiste noir jusqu'aux ardoisières; dans le bourg de Saint-Maurille, situé sur la petite île où sont construits les Ponts-de-Cé, le schiste ressort de tous côtés, il forme des escarpements dans les rues montueuses de ce bourg; les couches y sont presque verticales, et se dirigent O. 30° N. A Angers, cette même roche forme des escarpements dans beaucoup de points. On la voit près de la cathédrale se montrer en arêtes saillantes dans plusieurs rues; elle ressort également près du château et sur les boulevarts; dans ce dernier point les couches de schiste presque verticales, se dirigent E. 12° S.-O. 12° N. L'épaisseur de ces schistes tégulaires est considérable; leur fissilité, qui est accidentelle, existe cependant sur une assez grande longueur, et si on place sur une carte les carrières des environs d'Angers, de Condé, de Châteaubriant et de Poligné, on reconnaitra bientôt qu'elles sont toutes placées dans le prolongement du même système de couches. Les exploitations nombreuses de pierre à chaux qui sont ouvertes sur toute cette ligne fournissent en outre un point de repère important; elles sont placées à une très-petite distance de la bande ardoisière, sur laquelle elles reposent immédiatement. On ex-

Calcaire associé au schiste ardoisier.

ploite du calcaire à Angers même, dans le faubourg Saint-Léonard, où sont ouvertes les carrières d'ardoise ; il est placé au-dessus des couches exploitées ; le calcaire ne forme pas précisément une couche continue, il constitue une série de rognons allongés, enclavés dans le schiste. Le calcaire d'Angers contient une grande quantité d'entroques ; on y a trouvé quelques spirifers. Ce calcaire correspond à celui de Saint-Gervais, enclavé dans l'assise inférieure du terrain silurien ; on le retrouve constamment au-dessous du système antraxifère, dans toute la longueur de la bande depuis Saint-Georges-Châtelaison jusqu'à Nort. Le schiste ardoisier d'Angers contient de nombreuses empreintes de trilobites fortement comprimées, qui ont été décrites depuis longtemps par M. Brongniart ; quelques-uns sont particuliers à ce schiste, mais plusieurs autres se retrouvent dans le schiste argileux de Bain, dans le calcaire de Saint-Sauveur-le-Vicomte près de Valognes et même dans le grès des montagnes noires près de Gourin ; la présence des fossiles que l'on trouve dans le schiste tégulaire d'Angers est d'accord avec sa superposition sur le grès pour le faire ranger dans le terrain silurien : il est par conséquent différent du schiste ardoisier des Ardennes, qui appartient au terrain cambrien ; il existe bien dans cette dernière formation quelques exploitations d'ardoises, notamment à Nozay près Nantes et dans les montagnes d'Arrée, mais les ardoises qui en proviennent sont généralement de qualité très-inférieure, et toutes les carrières importantes de la Bretagne sont au-dessus du grès.

Bande de calcaire au-dessous du système ardoisier.

Au sud de la bande d'anthracite, c'est-à-dire, entre ce système et le schiste micacé, on exploite du calcaire au Pont-Barré, au moulin de Beaulieu, à Châlonne, à Montrelais, etc. Ces diverses exploitations appartiennent à la ligne continue de rognons, dont j'ai parlé il y a quelques lignes. Le calcaire, d'un gris clair très-cristallin, contient des entroques et des polypiers. On le voit partout enclavé dans le schiste noir, et recouvert par des schistes lie-de-vin et verts. Cette superposition s'observe très-bien à Châlonne même et à la Bergerie, près du pont Saint-Aubin. Ces schistes se dirigent O.28° N. et plongent de 70° au N. 28° E. Ils sont assez durs, contiennent entre les feuillets des nodules d'une roche feldspathique, et possèdent tous les caractères des schistes rouges et verts que j'ai signalés près de Rennes. Le schiste noir, associé au calcaire, contient très-fréquemment des veines d'ampélite, sur lesquelles on a fait à plusieurs reprises des recherches infructueuses. Les schistes verts forment une assise très-puissante dans le terrain silurien, et terminent le système des quarzites, ou du schiste ardoisier.

Poudingue anthraxifère

Le système anthraxifère commence presque toujours par un poudingue (*Pl. VI, fig.* 6), composé de galets de quartz hyalin laiteux, de quartz noir, de schiste micacé, et d'un schiste verdâtre très-caractéristique, qui se retrouve dans beaucoup de points de la Bretagne. Le poudingue est identique avec celui que j'ai indiqué à la mine de la Baconnière, il contient comme ce dernier des débris de terrains anciens, des fragments provenant du terrain cambrien et même de la partie inférieure du terrain silurien. Ces poudingues passent à des grès de grosseurs variables, et alternent même à

plusieurs reprises avec eux; dans la montée qui conduit des bords du Louet à la mine de la Haie-Longue, on voit plusieurs de ces alternances au-dessus de cette série de couches, en général à gros grains. Le chemin traverse des grès-schisteux noirs, très-micacés, contenant quelques empreintes; puis une série de couches d'argile schisteuse avec des affleurements de mauvais charbon; la partie houillère du terrain succède immédiatement à ces couches. On l'observe difficilement à l'extérieur de la mine; il faut entrer dans les travaux pour en étudier la composition. On compte, dans la mine de la Haie-Longue 19 couches d'anthracite, sur lesquelles il y en a sept susceptibles d'exploitation, et seulement deux qui soient exploitées. On désigne ces deux dernières sous les noms de *grande* et *petite veine*; la grande veine a deux pieds de puissance, la petite 18 pouces. Elles sont séparées par une épaisseur de schiste argileux et d'argile schisteuse noire de 2 à 8 mètres. La grande couche est assez irrégulière; dans quelques parties des travaux (au puits du Bocage) elle atteint jusqu'à 10 pieds d'épaisseur. La roche immédiatement en contact avec la houille est un schiste pyriteux en couche extrêmement mince, qui s'effleurit très-promptement à l'air. Cette couche, que les ouvriers désignent sous le nom de Blanchonne, se retrouve dans tous les travaux. Au-dessous de ce schiste pyriteux existe une roche particulière désignée sous le nom de Pierre-Carrée, à cause de la propriété qu'elle possède de se casser en fragments rhomboïdaux. Cette roche se trouve à la fois au mur et au toit des couches de charbon, elle est intercalée d'une manière régulière dans le terrain, comme les couches de

Couches d'anthracite.

schiste argileux; la position de la Pierre-Carrée est constante; on la trouve, au contact du charbon, sur toute la longueur de la bande houillère. Cette roche existe dans cette position aux mines de Saint-Georges-Chatelaison, situées à l'extrémité ouest de cette bande, près Doué, à Mont-Jean et Mouzeils, qui sont à l'autre extrémité.

De la Pierre-Carrée.

La Pierre-Carrée possède une texture parfaitement homogène; sa cassure esquilleuse lui donne de l'analogie avec le petrosilex, mais cette roche est en général peu dure, se laisse rayer par une pointe d'acier. Elle est facilement fusible en un émail blanc : la couleur de la Pierre-Carrée est assez variable; cependant elle est généralement d'un gris verdâtre assez clair, quelquefois rougeâtre. Elle contient constamment des parties jaunâtres, tendres qui paraissent serpentineuses : d'après une analyse que M. Declerck, ingénieur des mines, a faite d'un échantillon de la Pierre-Carrée de la Haie-Longue, il l'a trouvée composée de

Sa composition.

Silice.	0,776
Alumine colorée par de l'oxide de fer. . .	0,175
Chaux.	0,002
Eau.	0,008
Potasse.	0,019

La faible proportion de potasse qui résulte de cette composition, et la richesse en silice, sont deux circonstances qui s'accordent avec le peu de dureté de la Pierre-Carrée pour la différencier des petrosilex avec lesquels ses caractères extérieurs pourraient la faire associer. Du reste, la régularité de la Pierre-Carrée sur une aussi grande longueur, et surtout la constance de sa position, qui ne se dément jamais, et qui sert de guide au mineur dans la recherche des couches de charbon, même dans

les parties où le terrain présente des dérangements, ne peuvent s'accorder avec les phénomènes qui accompagnent les roches d'éruption. Une argile produite par la trituration des roches anciennes, peut très-bien contenir une certaine quantité de potasse, ainsi que cela arrive pour la lithomarge : quant à la compacité et à la texture esquilleuse, on retrouve ces caractères dans certains schistes coticulaires que l'on observe dans plusieurs terrains de transition, et notamment dans ceux des environs de Saint-Lô. Il serait possible que cette semi-cristallisation fût due à une altération éprouvée par la présence des porphyres qui traversent le terrain dans tous les sens, mais une altération si régulière et si continue est bien difficile à concevoir. Je crois donc que la Pierre-Carrée a été déposée avec les caractères qu'elle possède, et cette explication, quelque opposée qu'elle soit, à l'opinion assez générale que la Pierre-Carrée est une roche d'éruption, est la seule qui me paraisse conforme aux circonstances de son gisement.

Les autres roches associées à l'anthracite sont des schistes argileux, des argiles schisteuses, des grauwackes schisteuses et des grès siliceux extrêmement durs; les argiles contiennent en outre fréquemment des rognons de fer carbonaté, disposés dans le sens de la stratification.

Les couches les plus au sud plongent vers le nord sous un angle de 60° ; mais bientôt l'inclinaison change, et elles plongent au sud sous un angle à peu près égal ; ce changement dans l'inclinaison, qui se reproduit plusieurs fois, est constamment accompagné du retour des mêmes couches ; il en résulte que le terrain présente plusieurs plis, et que le charbon paraît disposé dans trois

Plis du terrain anthraxifère.

Il forme tr o bassins.

bassins successifs. Si, du puits Saint-Marc, ouvert dans le bassin central A, on marche au nord, c'est-à-dire vers Rochefort, on trouve le bassin B, tandis que l'on rencontre le bassin B′ en se dirigeant en sens inverse, la *fig.* 2 (*Pl. VI*) donne l'idée de cette disposition. La *fig.* 3 présente le détail des couches qui composent le bassin central. Elles sont symétriquement placées à partir du centre, ainsi que les lettres l'indiquent.

Retour des couches en sens inverse dans le bassin principal.

Les couches extérieures *a* et *b* sont les schistes verts et rouges que j'ai signalés comme formant les dernières couches de l'assise inférieure du terrain silurien; leur retour aux deux extrémités de ce bassin prouvent d'une manière incontestable que la disposition par bassins est le résultat du plissement du terrain, et que les couches de charbon en sont une partie intégrante.

Les couches qui suivent appartiennent au système anthraxifère proprement dit; elles se succèdent dans l'ordre suivant :

c. Poudingue siliceux, accompagné de grauwacke et de schiste noir.

d. Schiste argileux et grauwacke schisteuse; ces couches contiennent de nombreuses empreintes de stigmaria, de calamites et de lépidodendron, ainsi que quelques rognons de fer carbonaté.

e. Couches de charbon, séparées l'une de l'autre par une petite couche de grès schisteux noir.

f. Grauwacke à grains fins.

g. Schiste d'un rouge sombre. La couleur de ce schiste est différente de celle du schiste lie-de-vin *b*; elle paraît due à de l'oxide de fer, qui a été mis à nu peut-être par l'action d'une roche ignée *h*, qui est en contact immédiat avec elle;

cette roche est verte, a de l'analogie avec de la chlorite et contient quelques grains blancs feldspathiques. Elle ne forme pas une couche régulière, et surtout elle ne se retrouve pas constamment dans les travaux, en relation avec les mêmes couches schisteuses, circonstance qui établit d'une manière certaine sa postériorité sur le terrain de transition.

i. Schiste gris noirâtre à feuillets minces.

j. Grès noirâtre à grains fins, siliceux et très-dur.

k. Schiste noir et gris, micacé.

l. Pierre-Carrée formant une masse parallèle aux couches, mais ne se délitant pas en petits lits comme les roches schisteuses.

m. Schiste noir pyriteux, renfermant la couche dite blanchonne.

n. Couches d'anthracite séparées l'une de l'autre par une petite couche de schiste.

o. Schiste formant le toit.

p. Grès noir très-siliceux.

q. Pierre-Carrée semblable à *l*, mais cependant plus grise. C'est surtout cette couche qui contient les parties jaunâtres analogues à de la serpentine.

s. Alternative de Grauwacke, de schiste argileux et de grauwacke schisteuse formant la masse principale du bassin. On trouve dans ces schistes des empreintes de fougères analogues à celles de quelques terrains houillers; leur présence pourrait laisser des doutes sur l'association de l'anthracite de la Haie-Longue au terrain de transition, si les caractères de superposition n'étaient pas aussi certains.

Les couches *s* occupent le fond du pli, de sorte

qu'on les voit se relever dans les travaux, et les autres couches du terrain reviennent dans un ordre inverse.

Dans les bassins B et B', on retrouve également les schistes rouges et verts, et les différentes couches de la partie anthraxifère sont dans le même ordre que dans le grand bassin A. La Pierre-Carrée existe également dans ces deux petits bassins, au toit et au mur des couches de charbon.

Dans la mine de Saint-Georges-Châtelaison, située à l'est de la Haie-Longue et dans celle de Mont-Jean à l'ouest de cette même concession, le terrain présente une disposition analogue; la Pierre-Carrée accompagne également le charbon sur ses deux parois; il y a seulement des différences dans la puissance et le grain des couches; ainsi à Mont-Jean les grès sont plus nombreux qu'à la Haie-Longue; ces différences ne sauraient porter atteinte à la supposition que ces différentes mines sont exploitées sur le prolongement des mêmes couches, car dans les terrains les plus réguliers, on voit de semblables différences se présenter à chaque instant.

Il résulte bien clairement de ces détails que les couches de charbon des bords de la Loire sont enclavées dans le terrain silurien et qu'elles en font partie; la qualité du charbon lui-même est en rapport avec cette condition; il est brillant, sec, ne colle pas en brûlant, et ne pourrait être transformé en coke; il se divise en petits fragments, et ne produit dans l'exploitation que très-peu de charbon carré. Son analyse prouve qu'il doit être rangé dans les anthracites; il contient d'après M. Regnault :

Carbone.	91,98 (1)
Hydrogène.	3,92
Oxygène et azote.	3,16
Cendres.	0,94
	100,00

Anthracite et calcaire de Sablé.

Les couches d'anthracite des bords de la Loire ne sont pas les plus modernes du terrain silurien; il existe dans le département de la Mayenne un calcaire supérieur (*Pl. VI*, *fig.* 7), enclavé dans le système anthraxifère : ce calcaire, exploité dans les carrières de marbre de Sablé, forme la dernière couche du terrain; il est d'un beau noir, contient plusieurs fossiles différents, tels que térébratules, productus (voisin de l'hemisphericus), orthocères, évomphales (E. pentagulatus, E. calyx) et amplexus. Ces derniers fossiles appartiennent à une espèce particulière et caractéristique de ce calcaire; ils y sont très-abondants et atteignent souvent un pied de longueur.

Porphyre quartzifère dans le terrain d'anthracite.

Les porphyres quartzifères dont j'ai signalé la présence dans différents points de la Bretagne présentent, sur les bords de la Loire, une série de monticules alignés dans le sens de la stratification; dans ce pays si peu accidenté, ces sommités, quoique bien peu saillantes, jouent cependant un rôle important dans le relief du sol, et fournissent le moyen de saisir, même de loin, la position générale de ces différents témoins de l'action ignée : les collines de porphyre comprises entre Saint-Georges Châtelaison et Saint-Georges-sur-Loire se dirigent E. 22° S. Tandis

(1) Cette analyse a été faite sur des fragments triés avec soin et choisis dans un charbon vitreux; ordinairement cette anthracite contient 5 p. 0/0 de cendres. (Recherches sur les combustibles minéraux, par M. Regnault, ingénieur des mines. *Annales des mines*, 3e série, tome XII, page 181.)

que les buttes porphyriques depuis Ingrande jusqu'à Nort, font avec la ligne E. O. un angle seulement de 10 à 12°. Le porphyre présente par conséquent la même déviation que les couches de tout le terrain de transition qui s'infléchissent à la hauteur d'Ingrande; cette régularité pourrait faire regarder le porphyre comme appartenant au terrain, ainsi que je le suppose pour la Pierre-Carrée; mais cette apparence de régularité disparaît bientôt, quand on observe chaque partie isolément : en effet la présence de chacune de ces buttes est marquée par des dislocations dans le terrain anthraxifère dont les couches sont interrompues à la proximité du porphyre. Au Pont-Barré, première apparition de cette roche à l'extrémité E. de la bande anthraxifère, le bassin est fortement étranglé, et les recherches de charbon ont prouvé que tout le terrain y avait été bouleversé. Les buttes de Rochefort, celles de Saint-Clément, sur la rive droite de la Loire, d'Ingrande, de Saint-Géréon et des Touches, occasionnent toutes des rejets du terrain carbonifère. Quand on trace sur une carte géologique ces différents amas de porphyre, on voit qu'à chacun d'eux correspond une solution de continuité dans tout le terrain. Au contact de ces porphyres, les couches présentent des caractères encore plus positifs de dislocations : ainsi dans la mine de la Haie-Longue un peu au sud du puits Saint-Marc, où l'on voit percer au jour un porphyre composé de feldspath compacte, avec des cristaux de quartz, de feldspath et même d'amphibole, les couches de terrain sont relevées dans tous les sens à l'approche de cette roche; le schiste qui les recouvre devenu très-dur, se casse en fragments allongés. Quant au charbon, il est complétement friable,

Le porphyre coupe et rejette les couches.

Altération des schistes par le porphyre

luisant, et passé pour ainsi dire à l'état de graphyte.

Sur toute la partie de la bande anthraxifère, où les porphyres se montrent au jour, les couches sont à l'état de schiste talqueux ou de schiste micacé, quoiqu'elles saillissent au milieu même du terrain de transition; on ne peut donc supposer dans ce cas, que ces roches cristallines appartiennent aux parties supérieures du terrain ancien; elles sont enclavées dans le terrain de transition même, dont elles ont conservé la stratification. Depuis la Poissonnière, sur les bords de la Loire, jusqu'aux moulins de Saint-Clément-de-la-Leue, on trouve ce schiste micacé métamorphique. Près de Saint-Georges-sur-Loire, les couches de schiste sont luisantes, satinées et présentent des taches jaunâtres sur un fond gris clair. Ces taches sont souvent légèrement saillantes par la décomposition, comme seraient des centres de cristallisation, ce qui leur donne quelque analogie avec certaines variolites. Cette roche maculée assez dure, et dont la cassure est esquilleuse, n'est pas habituelle au terrain de transition; mais elle alterne un si grand nombre de fois avec des roches schisteuses, elle passe si souvent à ces dernières qu'il est impossible de la supposer de même origine que les porphyres; il est plus probable qu'elle est le produit de leur action; une roche amygdaloïde, que l'on trouve au moulin de Saint-Clément même (*Pl. VI, fig.* 5), en contact avec le porphyre, fournit, pour ainsi dire, une preuve matérielle de ce métamorphisme. C'est le schiste lui-même qui est devenu amygdalin, on peut recueillir des échantillons moitié schiste et moitié amygdaloïde, et tandis que la partie en contact avec la

Schiste devenu amygdalin.

roche ignée contient de nombreuses amandes et des vacuoles, celle placée à une certaine distance présente seulement les caractères d'un schiste endurci. Ce fait, tout à fait analogue à celui que j'ai signalé à Paimpol, prouve que dans ces deux localités, l'amygdaloïde est le résultat de l'altération du terrain par les porphyres.

Grauwacke devenue amygdaline.

A Kerlast près de Tréguier, dans le département du Finistère, on voit encore un exemple analogue; il est peut-être même plus saillant parce que la roche est une grauwacke à grains discernables. Le porphyre quartzifère sort au milieu de cette grauwacke; les parties en contact avec la roche ignée sont devenues amygdalaires, et j'ai recueilli des échantillons contenant à la fois des amandes caractéristiques de l'amygdaloïde, et des petits grains de la grauwacke. Lorsque l'altération n'a pas été assez considérable pour que la texture de cette roche ait éprouvé de changement, elle est seulement devenue dure, a perdu sa disposition schisteuse, et se délite alors en boules, puis en sable, à la manière des basaltes.

Les porphyres quartzifères ont éprouvé eux-mêmes une certaine influence par les roches de transition; de sorte qu'ils sont talqueux sur leurs surfaces extérieures, et contiennent peu de cristaux de quartz. Au centre des monticules, au contraire, ces porphyres sont composés de feldspath compacte, avec cristaux de quartz distincts et quelques parties verdâtres analogues à de la serpentine.

Les différentes circonstances que je viens de relater montrent la postériorité des porphyres relativement au terrain silurien. L'alignement des collines qu'ils constituent me semble prouver

qu'elles sont autant de témoins d'une chaîne continue qui n'a pas pu s'élever complétement à la surface du sol. Ces faits, combinés avec l'observation importante que le terrain houiller de Littry repose en stratification discordante sur le porphyre quartzifère, et même qu'il en renferme des galets, établissent que cette roche est venue au jour après le dépôt des terrains siluriens et avant celui du terrain houiller. C'est donc à ce porphyre que seraient dus les accidents de la Bretagne, qui courent de l'E. 15° S., à l'O. 15° N.

Les porphyres sont postérieurs au terrain silurien.

Résumé.

Il résulte des observations nombreuses que j'ai consignées dans ce mémoire que les terrains de transition présentent en Normandie et en Bretagne deux divisions distinctes séparées l'une de l'autre par des superpositions transgressives.

La direction moyenne, de la plus ancienne E. 25° N.-O. 25° S. se rapproche beaucoup de la direction que présentent les couches du *terrain cambrien*, observé par M. Sedgwick, dans le Westmoreland.

Quant à la seconde, les caractères tirés des fossiles et de la nature des roches lui donnent la plus grande analogie avec le *terrain silurien* de M. Murchison. La direction générale des accidents particuliers à ce terrain, qui est E. 15° S.-O. 15° N., vient confirmer ce rapprochement.

Le troisième étage des terrains de transition, le *terrain carbonifère* n'est représenté en Bretagne que par quelques lambeaux de terrain houiller; le vieux grès rouge et le calcaire de montagne y manquent entièrement.

Le terrain cambrien est composé de roches schisteuses, de calcaire compacte esquilleux et de quelques couches minces de grès; les schistes

forment à bien dire presque exclusivement tout le terrain. Quand ces schistes n'ont pas subi de modifications, ils sont verts, satinés et luisants. Dans la plupart des circonstances, ce terrain est à l'état métamorphique; il se présente alors sous la forme de schiste micacé, de schiste talqueux et de schiste maclifère. En Bretagne on ne connaît dans ce terrain que des entroques et quelques polypiers.

Le terrain silurien présente deux assises distinctes, qui sont :

a. Le groupe du quartzite et des schistes ardoisiers.

b. Le groupe anthraxifère.

a. Le premier est composé de plusieurs roches dans l'ordre suivant.

1° Poudingue quartzeux formé principalement de galets de quartz hyalin, cimentés, tantôt par du schiste talqueux, tantôt par de la silice.

2° Grès compacte, composé de grains de quartz hyalin agglutinés par un ciment siliceux. Ces grès passent quelquefois à une roche presque homogène, d'autres fois au contraire sa structure arénacée est très-visible. Dans quelques localités, les grès deviennent schisteux et micacés.

Le poudingue et le grès correspondent au grès désigné sous le nom de *caradoc sandstone*, par M. Murchison;

3° Le schiste bleu succède au grès; il est ordinairement très-fissile. C'est dans cette assise que sont ouvertes presque toutes les exploitations d'ardoises de la Bretagne. Il y existe aussi beaucoup de couches d'ampélite;

4° Calcaire compacte avec entroques, et trilo-

bites correspondant au calcaire du Dudley. Il est associé au schiste précédent, dans lequel il forme des rognons allongés. On trouve aussi quelquefois, intercalés dans les grès schisteux micacés nº 2, ou dans les schistes lie-de-vin qui terminent cette assise supérieure, un calcaire semblable, et qui contient les mêmes fossiles. Le calcaire ne constitue donc pas, dans ce terrain, une couche bien distincte; il paraît que, pendant que les roches arénacées qui composent l'assise inférieure du terrain silurien se déposaient, les causes qui fournissaient du calcaire en ont produit à différents intervalles.

5° Schiste vert, lie-de-vin, souvent micacé, passant à des grauwackes schisteuses. Cette partie supérieure du groupe du quartzite et du schiste ardoisier est extrêmement développée dans le bassin de Rennes.

Les fossiles sont nombreux et variés dans cette assise du terrain silurien. Le calcaire en contient presque toujours une grande abondance; les plus caractéristiques sont des trilobites, des orthocères, et des conulaires; on y trouve en outre des productus, des spirifers, des évomphales, des encrines et un grand nombre de polypiers.

b. Le groupe anthraxifère est moins varié que celui des schistes ardoisiers. Il contient du poudingue siliceux, des grès, des grauwackes schisteuses, des schistes argileux, des argiles schisteuses, des couches de charbon et un calcaire particulier : ces différentes roches alternent ensemble, cependant on peut encore établir un ordre général entre elles :

1° Des poudingues forment presque partout la base de ce groupe supérieur;

2° Des grès schisteux micacés, des grauwackes,

des argiles schisteuses, alternant un grand nombre de fois, succèdent immédiatement au poudingue, et souvent même y sont intercalées;

3° Les couches de charbon ne commencent en général qu'après un assez grand développement de roches schisteuses. Elles alternent elles-mêmes avec une série puissante de ces roches. Sur les bords de la Loire, cette partie du terrain silurien présente des roches compactes homogènes, à cassure esquilleuse, possédant quelques caractères de pétrosilex, mais qui paraissent cependant appartenir au terrain même.

4° Un calcaire noir compacte termine tout le terrain; il est caractérisé par la présence de nombreux amplexus; il contient aussi des orthocères et plusieurs autres fossiles propres au terrain silurien. La position de ce calcaire n'est pas absolue, on le voit dans plusieurs localités alterner avec les couches de charbon.

Outre ces roches, le terrain de transition de la Bretagne contient encore des porphyres et des amygdaloïdes; mais elles n'en font pas partie essentielle. Les porphyres sont postérieurs à cette formation, tandis que les amygdaloïdes sont, dans le plus grand nombre de circonstances, le produit des altérations que les roches du terrain de transition ont éprouvées.

Les divisions, que je viens de signaler dans les terrains de transition de la Bretagne, existent également dans les mêmes terrains en Angleterre et en Belgique. J'ai établi, dans le tableau suivant, la correspondance des principales couches.

Tableau comparatif des terrains de transition en Angleterre, en Belgique et en Bretagne.

ANGLETERRE.	BELGIQUE.	BRETAGNE.
TERRAIN DE TRANSITION SUPÉRIEUR. *Formation carbonifère.*		
Coal measures.	Terrain houiller.	Terrain houiller.
Mildstone grit.	Manque	Manque.
Mountain Limestone . . .	Calcaire bleu. . .	Manque. (Il existe dans les montagnes de Tarare.)
Old red-sandstone.	Manque.	Manque.
TERRAIN DE TRANSITION MOYEN. *Terrain silurien.*		
Ludlow rocks { Upper-part, Aymestry, limestone, lower-part. (Grès, schistes et calcaires.)	Système quartzo-schisteux supérieur.	Groupe du quartzite et du schiste ardoisier. — Groupe anthraxifère. { Calcaire à Amplexus. Anthracite avec schiste argileux. Poudingue avec galets de grès inférieur du terrain silurien.
Dudley rocks . . . . . . (Calcaires et schistes.)	Système calcareux inférieur. . . .	Schiste rouge et vert. Calcaire à trilobites. Schiste ardoisier d'Angers avec veines d'ampélite.
Caradoc sandstone and conglomerates . . . . . (Poudingues, grès, schistes et calcaires.)	Système quartzo-schisteux inférieur	Grès des montagnes Noires (quartzite). Le calcaire de Vieux, de Bully est intercalé entre les couches de grès. Poudingue siliceux avec ciment talqueux.
Builth and Llandeilo flags. (Dalles de couleur foncée, le plus souvent calcaires; grès schisteux et schiste argileux. Cet étage est caractérisé par l'*Asaphus Buchii.*)	Manque.	Manque.
Direction des couches. . .	. . . .	E. 15° S., O. 15° N.
TERRAIN DE TRANSITION INFÉRIEUR. *Terrain cambrien.*		
Grauwacke groupe; slate system	Terrain ardoisier.	Schiste argileux verdâtre, souvent talqueux, avec grauwacke schisteuse. Calcaire à entroques et petites couches de grès.
Direction des couches. . .	. . . .	E. 25° N., O. 25° S.

M. Dumont, dans sa description des terrains de transition de la Belgique, comprend à la fois, sous le titre de terrain anthraxifère, le terrain silurien, le vieux grès rouge et le calcaire de montagne.

On ne retrouve en France ni en Belgique les couches de calcaires schisteux appelés *builth Llandeilo flags*, placées à la partie inférieure du terrain silurien, par M. Murchison. Si la superposition de ces schistes sur les groupes de grauwacke, n'est pas transgressive, il serait préférable de commencer le terrain silurien par le *caradoc sandstone*. Il est en effet plus naturel que les grandes divisions des terrains qui correspondent toujours à une révolution du globe, soient en rapport avec des couches puissantes de grès : car le passage d'une révolution à une époque de tranquillité, est en général marqué par la présence de nombreuses couches de transport.

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites dans le laboratoire de chimie de Carcassonne pendant l'année 1837;

Par M. E. VÈNE, Ingénieur des mines.

On a cru entrer dans les vues de l'administration des mines et dans l'esprit qui a présidé à la création des laboratoires de chimie établis à Carcassonne et dans les autres localités, en envisageant les essais et analyses exécutés dans ces établissements sous trois points de vue, et comme devant avoir trois objets distincts : premièrement ils doivent servir d'auxiliaires et de moyens de perfectionnement pour les industries minérales en activité; en second lieu, en faisant connaître la composition des substances susceptibles d'exploitation, ils doivent tendre à diriger l'attention publique et les capitaux vers la création de nouveaux établissements industriels; enfin ils ont un but scientifique à la fois et industriel, celui d'étudier la nature intime des roches et de servir ainsi à éclaircir les questions géologiques.

L'industrie métallurgique, encore en germe dans le département de l'Aude, n'a pu donner lieu à un grand nombre d'expériences du premier genre; une seule usine, pour le traitement de l'antimoine, a été établie dans ces derniers temps à Carcassonne; il a été fait quelques essais sur les produits qui y sont fabriqués; mais ces expériences ne sont pas encore terminées; il en sera rendu compte à la fin de l'année 1838.

Cependant il se prépare un changement notable sous ce rapport, à en juger du moins par le nombre des demandes en concession de mines, qui ont été présentées à l'administration dans ces dernières années; à la vérité, ainsi que j'ai eu plusieurs fois l'occasion de le faire remarquer, toutes ces pétitions n'ont pas encore donné lieu à une entreprise de quelqu'importance; mais l'attention commence à se porter de ce côté; les capitaux, jusqu'ici employés exclusivement à la fabrication des draps et à l'agriculture, cherchent une autre direction, et, selon toutes les apparences, d'ici à peu d'années, certaines contrées du département de l'Aude, riches en minerais métalliques, seront l'objet d'exploitations ou du moins d'explorations entreprises sur une grande échelle. Ces exploitations rendront nécessaires l'établissement d'usines destinées à élaborer les minerais. Alors le laboratoire de chimie aura un rôle important à remplir, pour éclairer et assurer les pas de ces industries naissantes. Mais, dès à présent, sa mission doit être sans doute de préparer la réalisation de cet état de choses, en faisant connaître la composition des diverses substances qui paraissent susceptibles de donner lieu à des entreprises industrielles.

M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, en demandant une description des gîtes métallifères, a fait d'ailleurs de ce travail une obligation pour les ingénieurs, puisque l'analyse des matières minérales exploitables doit former une partie essentielle de cette description.

Parmi les industries qui s'exercent sur des matières minérales non métalliques, les fabriques de briques et de chaux sont les plus importantes; les

expériences du laboratoire peuvent amener des perfectionnements et une extension de ces industries, surtout si elles procuraient la découverte de chaux hydrauliques, encore peu communes dans le département de l'Aude, et d'argiles réfractaires, qui y manquent totalement, et que l'on fait venir de départements très-éloignés.

Enfin le travail de la carte géologique du département de l'Aude et l'étude des terrains, qui en constituera la base, nécessiteront une série nombreuse d'expériences, qui ne présenteront sans doute ni moins d'intérêt ni moins d'importance que celles mentionnées ci-dessus.

Tel est le cadre général des travaux, qui seront exécutés, pendant quelques années au moins, au laboratoire de Carcassonne ; les premières expériences qui y figurent, sont celles de l'année 1836 ; les travaux de 1837 ont fourni leur contingent, faible encore ; mais il y a lieu d'espérer que, d'année en année, ces expériences se multiplieront et se compléteront, de manière à présenter un ensemble qui puisse être consulté avec fruit par les industriels du pays.

Les substances, qui ont été essayées ou analysées dans le courant de l'année 1837, sont les suivantes. Chacune d'elles fait d'ailleurs partie d'une collection qui sera rangée dans un ordre méthodique.

1° *Calcaire argileux de Fontazel.*

Ce calcaire est exploité dans la commune de Fenouillet, et fournit une chaux qui passe pour être moyennement hydraulique ; l'échantillon a été pris sur la carrière. Le calcaire, sous forme de couche renflée, y est associé avec les grès et

marnes tertiaires, qui couvrent la partie ouest du département de l'Aude. Il n'est pas homogène; quelques parties sont argileuses et sableuses, désagrégées, de couleur rouge, d'autres sont de couleur grise, dures, tuberculeuses. Cette variété ayant été désignée comme donnant de la chaux hydraulique, a été analysée :

D = 2,65.

5 grammes ont donné après la calcination : 2 gr.,96.

5 grammes traités par l'acide nitrique faible, ont été trouvés composés de :

Chaux	2,60	Carbonate de chaux	4,60	0,920	1 gr.
Acide carbonique	2,00				
Magnésie	0,02	Carbonate de magnésie	0,04	0,008	
Acide carbonique	0,02				
Argile			0,31	0,062	
Peroxide de fer			0,03	0,006	
Eau hygrométrique			0,02	0,004	
			5,00	1,000	

Le résidu argileux 0,062 est trop faible pour que la chaux fabriquée avec ce calcaire puisse être moyennement hydraulique; mais il est vraisemblable que le mélange de diverses qualités de pierre lui donne cette qualité.

2° *Calcaire argileux de Courtauly.*

Il se trouve exactement dans les mêmes circonstances de gisement que le précédent et dans la même contrée; il lui ressemble pour l'aspect, et forme des couches minces et tuberculeuses, non exploitées.

D = 2,62.

5 grammes calcinés ont donné : 3 gr.,08.

5 grammes, analysés au moyen de l'acide nitrique faible et de l'eau de chaux, ont été trouvés composés de :

Chaux.	2,42	Carbonate de chaux. . .	4,28	0,856	1gr.
Acide carbonique.	1,86				
Magnésie	0,03	Carbonate de magnésie.	0,06	0,012	
Acide carbonique.	0,03				
Argile.			0,61	0,122	
Peroxide de fer.			0,02	0,004	
Eau hygrométrique et perte.			0,03	0,006	
			5,00	1,000	

Le terrain de molasse tertiaire, dans lequel se trouvent les deux espèces de calcaires désignés par les nos 1 et 2, contient un autre dépôt exploité dans la commune de Ladern, et qui fournit une chaux moyennement hydraulique ; il présente, aux environs de Castelnaudary, notamment dans les communes de Villeneuve-la-Comptal, Mas-Sainte-Puelle, etc., un massif de calcaire stratifié en couches horizontales, dans lequel ont été ouvertes récemment des exploitations ayant pour objet spécial l'extraction du calcaire à chaux hydraulique; quelques parties possèdent en effet cette propriété à un haut degré, et cette chaux est déjà employée avec avantage sur plusieurs points du canal du Midi. C'est M. Geoffroy, ingénieur des ponts et chaussées de l'arrondissement de Castelnaudary, qui a fait la découverte de ces gisements et qui préside à leur exploitation. On n'a pu encore faire l'examen de ces calcaires au laboratoire de Carcassonne. Ce sera l'objet des travaux de 1838.

Calcaires d'Escouloubre.

Auprès du village d'Escouloubre, département de l'Aude, le granite se trouve recouvert par un calcaire saccaroïde, lequel est associé à d'autres roches de calcaire, de quartz et de schiste. Un peu au nord d'Escouloubre, ce terrain renferme des gîtes de minerai de cuivre et de plomb, sur lesquels on exécute depuis plusieurs années des travaux de recherche. Ces terrains, que l'on regarde comme étant de la période dite de transition, paraissent se lier d'un autre côté avec les calcaires et marnes noires du pays de Sault, rapportés au terrain crétacé.

Les calcaires essayés, qui portent les numéros 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, sont durs, compactes, ou plus ou moins cristallins et grenus; ils paraissent être des dolomies, et cette composition semblait s'accorder avec leur position géologique. On va voir cependant qu'ils ne renferment que de très-petites proportions de magnésie.

Ils ont été essayés par l'acide nitrique faible; le résidu a été lavé, séché et séparé du fer, quand il en contenait. Dans la dissolution rendue neutre, l'eau de chaux a produit le précipité de magnésie.

3° *Calcaire blanc, saccaroïde, grenu.*

D = 2,83.

5 grammes ont été trouvés composés de :

Carbonate de chaux. .	4,50	0,900	1 gr.
Carbonate de magnésie.	0,34	0,068	
Silice.	0,14	0,028	
Eau hygrométrique. . .	0,02	0,004	
	5,00	1,000	

4° *Calcaire accompagnant le minerai de cuivre et de plomb d'Escouloubre.*

Il est jaune ocreux, dur, à cassure compacte et un peu grenue; il empâte des fragments de quartz et d'une roche stéatiteuse, qui lui donnent l'apparence d'une brèche. Le minerai de cuivre et de plomb s'y trouve en partie disséminé, en partie réuni sous forme de petits amas, rognons ou veines peu suivies.

D = 2,64.

L'analyse l'a fait trouver composé de :

Carbonate de chaux. . .	3,83	0,766	1gr.
Carbonate de magnésie.	0,46	0,092	
Silice.	0,56	0,112	
Peroxide de fer.	0,11	0,022	
Eau et perte.	0,04	0,008	
	5,00	1,000	

5° *Calcaire en assises, voisin des gîtes de minerai de cuivre et de plomb.*

Il est jaune-pâle, dur, à cassure cristalline et grenue.

D = 2,86.

L'analyse de 5 grammes a donné :

Carbonate de chaux. . .	4,76	0,952	1gr.
Carbonate de magnésie.	0,10	0,020	
Silice.	0,12	0,024	
Eau et perte.	0,02	0,004	
	5,00	1,000	

6° *Calcaire en grandes assises, dépendant d'une formation très-étendue, qui constitue les montagnes des deux rives de l'Aude, aux environs de Fontanes, le Clat, etc.*

Il est gris, compacte, très-dur, à cassure irrégulière, peu effervescent, à surfaces altérées.

D = 2,85.

L'analyse faite sur 5 grammes a donné :

Carbonate de chaux. . .	4,66	0,932	1gr.
Carbonate de magnésie.	0,29	0,058	
Silice et oxide de fer. . .	0,02	0,004	
Eau et perte.	0,03	0,006	
	5,00	1.000	

7° *Calcaire siliceux, associé aux schistes et aux calcaires critallins d'Escouloubre.*

Il forme des bandes alternant avec les couches de ces deux roches, et les surfaces altérées présentent des parties siliceuses en relief. Cette roche est d'un gris bleu, à cassure cristalline, à grains très-fins scintillants, peu effervescente.

D = 2,82.

L'analyse faite sur 5 grammes a donné :

Carbonate de chaux. . .	2,23	0,446	1gr
Carbonate de magnésie.	0,18	0,036	
Silice.	2,57	0,514	
Eau et perte.	0,02	0.004	
	5,00	1,000	

8° *Calcaire en grandes assises, associé au calcaire n° 6, et provenant de la même localité.*

Il est gris, très-cristallin, on y remarque des traces noires, semblables à celles qui, dans d'autres localités, appartiennent à des têts de coquilles spathisés.

D = 2,01.

L'analyse faite sur 5 grammes a donné :

Carbonate de chaux. . .	4,05	0,810	1gr.
Carbonate de magnésie.	0,30	0,060	
Silice.	0,46	0,092	
Peroxide de fer.	0,17	0,034	
Eau et perte.	0,02	0,004	
	5,00	1,000	

9° *Calcaire en grandes assises, associé aux nos 6 et 8.*

Les trois échantillons ont été recueillis sur la côte dite de Serrabiou, au sud de Rodome, entre ce village et la rivière de l'Aude. Il est blanc jaunâtre, à cassure cristalline, à grains très-fins scintillants, passant à la cassure compacte, très-dur, sans fossiles.

D = 2,87.

L'analyse faite sur 5 grammes a donné :

Carbonate de chaux. . .	4,70	0,940	1gr.
Carbonate de magnésie.	0,18	0,036	
Silice	0,10	0,020	
Eau et perte.	0,02	0,004	
	5,00	1,000	

10° *Argile marneuse d'Argens.*

Cette argile fait partie des terrains de molasse tertiaire, très-développés au nord et à l'ouest du département de l'Aude; elle présente aux environs d'Argens, sur le bord du canal du Midi, des masses assez étendues, et peut-être pourrait-on l'utiliser pour fabriquer de toutes pièces des ciments hydrauliques. Elle se délite à l'air et se réduit en petits fragments; elle est grise, tendre, douce au toucher.

D = 2,52.

D'après l'analyse, 5 grammes ont été trouvés composés de :

Argile.	3,17	0,634	1gr.
Carbonate de chaux. .	1,81	0,362	
Eau hygrométrique. . .	0,02	0,004	
	5,00	1,000	

11° *Minerai de fer de Puymorens.*

Les mines de fer de Puymorens sont situées auprès de la limite commune des départements des Pyrénées-Orientales et de l'Ariége et du pays neutre d'Andorre. Le minerai qu'on en retire a manqué de débouchés en France, jusqu'à présent. Quelques maîtres de forges, des environs d'Ax, ont tenté de l'employer dans leurs usines, et des essais très-heureux, conduits par M. l'ingénieur des mines de l'Ariége, font espérer que l'emploi de ce minerai dans les forges françaises aura le double avantage de faire utiliser en France un minerai qui était exporté en Espagne ou qui restait sans exploitation, et de donner au fer de l'Ariége des qualités nouvelles, que ne possède pas le fer fabriqué exclusivement avec le minerai de Rancié.

Le minerai de Puymorens se trouve en couches d'épaisseurs diverses, qui paraissent être une partie constituante des terrains de schiste argileux et cristallin; ce dernier constitue les montagnes de la contrée. Le minerai attire fortement l'aiguille aimantée; il est très-dur et compacte; il se brise irrégulièrement, mais en général suivant des faces planes parallèles à la stratification. La cassure présente un mélange de parties brillantes et de

parties noires; la poussière est brune, tachant fortement les doigts.

$$D = 3,76.$$

5 grammes ont été traités par l'acide nitro-muriatique, pour amener tout le fer au maximum; par l'ammoniaque on a précipité la majeure partie du fer; dans le reste on a séparé le fer du manganèse; la présence de ce dernier avait été annoncée par le dégagement de chlore produit par l'acide muriatique. Il est résulté de l'ensemble de l'analyse une composition de :

Peroxide et oxide magnétique de fer.	4,68	0,936	1gr.
Peroxide de manganèse.	0,15	0,030	
Silice.	0,14	0,028	
Chaux.	0,03	0,006	
	5,00	1,000	

Cette analyse sera complétée. Il y aura à reconnaître séparément la proportion de peroxide de fer et de fer magnétique, et à savoir dans quel état se trouve la chaux, dont la présence a paru assez extraordinaire.

12° *Minerai de Fosse, canton de Saint-Paul-de-Fenouillet, département des Pyrénées-Orientales.*

On a découvert aux environs de Saint-Paul-de-Fenouillet, depuis deux ans environ, des filons de pyrite cuivreuse, sur lesquels des travaux de recherches ont été établis et sont encore en activité. Quelques échantillons ont été adressés au laboratoire par les entrepreneurs et on les a soumis à divers essais. Celui dont il s'agit ici a été pris sur un des affleurements. Il est de couleur brune, présente une cassure cristalline, à petites facettes, de couleur rouge sombre, avec quelques

parties plus claires et quelques mouches de carbonate vert ; il avait été pris pour de l'oxidule de cuivre.

D = 2,91.

5 grammes de minerai lavé à l'augette, en poudre d'un rouge sombre, ont été traités par l'acide muriatique, et l'analyse a donné pour composition approximative :

Peroxide de fer.	4,50	0,90	1gr.
Carbonate de cuivre. . .	0,25	0,05	
Résidu siliceux.	0,25	0,05	
	5,00	1,00	

13° *Essais par voie sèche de quatre échantillons de cuivre pyriteux de Saint-Martin et Fosse.*

Ces échantillons provenaient de fouilles faites sur la même localité, mais par quatre galeries différentes. La gangue mêlée avec la pyrite était formée de quartz et d'une espèce de schiste rouge ; par le lavage cette gangue s'est séparée très-aisément de la pyrite.

Les trois premiers échantillons ont été préalablement lavés, le 4e a été essayé avec sa gangue.

1° 10 grammes de minerai lavé et grillé, mélangés avec 30 grammes de flux noir, ont produit une scorie brune bien fondue et un culot de très-beau cuivre pesant : 1gr.,40, soit 14 pour o/o.

2° 10 grammes de minerai lavé et grillé, mélangés avec 30 grammes de flux noir, ont produit une scorie noire, bien fondue, et un culot de cuivre rouge pesant : 2gr.,58, soit 25,80 pour o/o.

3° 10 grammes de minerai lavé et grillé, mélangés avec 30 grammes de flux noir, ont produit une scorie noire bien fondue, et un culot de cuivre pesant : 0gr.,90, soit 9 pour o/o.

4° 10 grammes de minerai non lavé, mais grillé, ont été également mélangés avec 30 grammes de flux noir; ils ont produit une scorie noire assez bien fondue, et un culot de cuivre très-beau pesant : 0,60, soit 6 pour 0/0. Ce dernier minerai aurait pu être très-enrichi par le lavage.

La richesse variable de ces minerais fait voir qu'ils sont formés de mélanges à proportions diverses de pyrite de fer et de pyrite cuivreuse.

La nature de la gangue, qui rendrait très-facile et peu coûteux le lavage de ces minerais, et la simplicité de leur composition rendent leur découverte très-précieuse. Les travaux de recherche exécutés sur les gîtes feront connaître s'ils prennent quelque développement dans l'intérieur de la montagne granitique, et s'ils peuvent être susceptibles d'une exploitation régulière.

14° *Essai par voie sèche d'un minerai de cuivre pyriteux de Lanet, canton de Mouthoumet, département de l'Aude.*

La commune de Lanet renferme des minerais de cuivre argentifère d'une grande richesse, et sur lesquels l'attention des capitalistes se portera sans doute tôt ou tard. L'essai du minerai suivant, que l'on a assuré provenir de la même localité, prouverait que là, aussi, il y a des associations de matières dont la richesse est variable.

Le cuivre pyriteux, d'un beau jaune verdâtre, a pour gangue un quartz blanc friable, comme celle des minerais argentifères. On l'a pulvérisé et séparé aisément de la gangue, par un lavage à l'augette.

Après le grillage, 10 grammes ont été mélangés

avec 30 grammes de flux noir, et ont produit une scorie noire et un culot bien fondu, pesant : 1,20, soit 12 pour 0/0. Ce culot a été dissout dans l'acide nitrique, et l'acide muriatique n'a produit dans la dissolution aucun nuage, ce qui prouve qu'il ne renfermait pas de trace d'argent.

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites dans le laboratoire de chimie de Villefranche pendant l'année 1837;

Par M. SÉNEZ, Ingénieur des mines.

Analyses des houilles du bassin houiller d'Aubin.

Un travail a été commencé sur les houilles du bassin d'Aubin; déjà plusieurs analyses ont été faites les années précédentes, je les ai continuées en 1837, afin de pouvoir présenter l'ensemble de tous les résultats à la suite de mon travail sur la topographie souterraine du bassin houiller d'Aubin.

Les houilles qui ont été analysées sont celles de :

Palayret n° 3.	Fontagnes.	Cransac.
id. n° 4.	Fareiret.	Lavergne.
Bourlan.	Bouquiès.	Le Poux.

1° *Houille de Palayret n°* 3.

Cette houille est très-légère, d'un noir mat, schisteuse : elle brûle facilement sans donner beaucoup de flamme; calcinée en vase clos, elle a produit un coke très-boursouflé, gris de fer, très-éclatant, il pèse. . . . . 0,734.

L'incinération a été faite pour cette houille, comme pour toutes les suivantes, sur $\frac{1}{2}$ kil. Les cendres ont été calcinées après le grillage, par portions, et de manière à décomposer le carbonate de chaux.

Les cendres sont d'un blanc grisâtre, demi-frittées : la houille de Palayret n° 3, dont il s'agit ici, en a rendu 0,059. Elles sont composées de :

Sulfate de chaux. .	0,015
Chaux.	0,005
Magnésie.	0,002
Peroxide de fer. . . .	0,100
Alumine.	0,386
Silice.	0,475
	0,983

L'analyse immédiate a donné pour résultat :

Charbon.	0,675
Cendres.	0,059
Matières volatiles. .	0,266
	1,000

1 gramme de houille rend 28,16 de plomb, ce qui correspond à : charbon. 0,819

Le pouvoir calorifique des matières volatiles équivaut donc à : charbon. 0,144

2° *Houille de Palayret n° 4.*

Cette houille est très-légère, plus éclatante et plus friable que celle de Palayret n° 3 ; elle brûle avec une flamme plus allongée. Elle rend 0,640 de coke par la calcination en vase clos, et 0,062 de cendres d'un gris perlé.

Les cendres contiennent :

Sulfate de chaux. .	0,010
Magnésie.	0,005
Protoxide de fer. . .	0,105
Alumine.	0,400
Silice.	0,390
	0,910

L'analyse immédiate a donné pour résultat :

Charbon.	0,610
Cendres.	0,062
Matières volatiles. . .	0,328
	1,000

1 gramme donne, avec la litharge, 26,60 de plomb, ce qui correspond à : charbon. . . 0,805

Les matières volatiles équivalent donc à 0,195.

3° *Houille de Bourran.*

Cette houille est compacte, d'un noir éclatant, brûle très-facilement, avec une flamme longue; elle est presque complétement exempte de pyrites.

Le coke qu'elle fournit par la calcination en vase clos est compacte, gris clair, très-brillant. Il pèse. 0,754

Les cendres sont frittées, d'un gris clair et contiennent :

Chaux.	0,018
Magnésie.	0,001
Peroxide de fer. . .	0,047
Alumine.	0,412
Silice.	0,509
	0,887

J'ai obtenu par l'analyse immédiate :

Charbon.	0,715
Cendres.	0,039
Matières volatiles. .	0,246
	1,000

1 gramme de houille donne 28,51 de plomb, ce qui correspond, pour le pouvoir calorifique, à : charbon. 0,885
et pour les matières volatiles à : charbon. . 0,170

4° *Houille de Fontagnes.*

Par ses caractères extérieurs et par sa composition, cette houille se rapproche beaucoup de la précédente. Il paraît certain, au reste, que la couche exploitée à Fontagnes est le prolongement de celle de Bourran.

La houille de Fontagnes rend, par la calcination en vase clos, un peu moins de coke que celle de Bourran : elle pèse. 0,700

Quant aux cendres, elles ont la même composition à l'exception que celles-ci ne contiennent point de traces de magnésie.

100 de houille ont donné 4,20 de cendres d'un gris clair.

L'analyse immédiate a donné :

Charbon.	0,630
Cendres.	0,042
Matières volatiles. . .	0,278
	1,000

1 gramme produit 26,40 de plomb, ce qui correspond à : charbon. 0,816

D'où il suit que le pouvoir calorifique des matières volatiles équivaut à : charbon. . . 0,136

5° *Houille de Fareiret.*

Cette houille provient d'une couche récemment découverte près Fareiret, dans la concession de Bouquiès et Cahuac. Elle est d'un noir éclatant, friable, et traversée par de minces filets d'un noir mat. Elle ne contient point de pyrites, brûle avec une flamme blanche et courte. Le coke qu'elle fournit par la calcination en vase clos est léger, brillant et un peu boursouflé. Il pèse 0,607. Les cendres calcinées sont d'un gris fauve; elles pèsent 0,087. Elles sont composées de :

Chaux.	0,26
Magnésie.	0,05
Peroxide de fer. . . .	1,70
Alumine.	3,47
Silice.	4,45
	9,93

L'analyse immédiate a donné :

Charbon.	0,530
Cendres.	0,087
Matières volatiles. . . .	0,383
	1,000

1 gramme a donné, avec la litharge, 25,08 de plomb, ce qui correspond à : charbon. 0,68

Les matières volatiles équivalent donc, pour le pouvoir calorifique, à : charbon. 0,15

6° *Houille de Bouquiès.*

Cette houille provient de la grande couche de Bouquiès : elle présente à peu près les mêmes caractères extérieurs que la précédente ; elle est cependant plus compacte, et contient quelques pyrites disséminées. Le coke qu'elle fournit est plus tenace et plus brillant ; il pèse. . . 0,750

Les cendres sont grises, brunâtres, frittées, et pèsent. 0,051

Elles contiennent :

Sulfate de chaux. . .	0,020
Chaux.	0,002
Magnésie.	0,006
Peroxide de fer. . .	0,105
Alumine.	0,375
Silice.	0,480
	0,988

L'analyse immédiate a donné :

Charbon.	0,698
Cendres.	0,051
Matières volatiles. .	0,251
	1,000

J'ai obtenu sur un gramme 30,04 de plomb, ce qui correspond à : charbon. 0,873

En sorte que le pouvoir calorifique des matières volatiles équivaut à : charbon. . . 0,185

7° *Houille de Cransac.*

Par son aspect et ses autres caractères physiques, elle se rapproche beaucoup de la houille de Bouquiès. Elle contient 0,010 de pyrites ; le coke qu'elle produit est fritté et d'un très-bel éclat ; il pèse 0,60. Les cendres sont grises, peu frittées et pèsent 0,075. Elles sont composées de :

Sulfate de chaux. . .	0,010
Chaux.	0,016
Peroxide de fer. . .	0,085
Alumine.	0,440
Silice.	0,441
	0,992

L'analyse immédiate a conduit aux résultats suivants :

Charbon.	0,532
Cendres.	0,075
Matières volatiles. .	0,393
	1,000

Le rendement en plomb a été pour un gramme de 23,54, ce qui correspond à : charbon. . 0,685

Et donne pour le pouvoir calorifique des matières volatiles : charbon. 0,153

8° *Houille de Lavergne.*

Cette houille est légère, friable, sans structure schisteuse bien prononcée, brûle avec une flamme longue, brillante et contient 0,012 de pyrite.

Le coke qu'elle produit est fritté, très-peu boursouflé. Il pèse. 0,580

Les cendres calcinées sont d'un gris sale, à demi vitrifiées; elles pèsent. 0,080

Leur composition est la suivante :

Sulfate de chaux. . .	0,035
Chaux.	0,080
Peroxide de fer. . .	0,220
Alumine.	0,216
Silice.	0,440
	0,991

L'analyse immédiate a fait voir que cette houille était formée de :

Charbon.	0,500
Cendres.	0,080
Matières volatiles. .	0,420
	1,000

Le rendement par la litharge a été de $23^{gr},40$ de plomb pour un gramme de houille et abstraction faite de celui rendu par la pyrite; cette quantité de $23^{gr},40$ correspond à : charbon 0,672

Les matières volatiles équivalent donc à 0,172

9° *Houille du Poux.*

Une exploitation a été récemment ouverte dans la vallée de Combes sur une petite couche de

houille très-schisteuse, noire, brillante et tachetée de pyrites. Le coke qu'elle produit est très-léger, gris de fer et boursouflé; il pèse. . . . 0,610

Les cendres d'un gris fauve pèsent. . 0,070

Elles contiennent :

Sulfate de chaux. .	0,040
Chaux.	0,060
Protoxide de fer. . .	0,200
Alumine.	0,180
Silice.	0,460
	0,940

L'analyse immédiate a donné pour résultats :

Charbon.	0,550
Cendres.	0,070
Matières volatiles. .	0,380
	1,000

1 gramme a donné 24,10 de plomb, correspondant à : charbon. 0,720

Ce qui donne pour le pouvoir calorifique des matières volatiles : charbon. 0,170

10° *Minerai de fer de Combenègre.*

Deux espèces de minerai de fer de Combenègre ont déjà été essayées l'année dernière; les travaux d'exploitation qui s'exécutent aujourd'hui ont fait découvrir un troisième amas d'où provient l'échantillon dont il s'agit.

Par ses caractères extérieurs, il ressemble au minerai rubanné, mais il est plus siliceux, il est d'ailleurs moins abondant et situé à une trop grande profondeur pour être, quant à présent, l'objet d'une exploitation avantageuse.

Voici le résultat de l'essai :

10 gr. minerai cru.			10 gr. calciné
2,50 carbonate de soude.			2,50
12,50			12,50
Fonte.	3,85	}	9,27
Scorie.	5,42		
		Perte.	3,23

La fonte était grise, grenue et cassante.

11° *Minerai de fer de Sainte-Croix.*

On trouve dans la commune de Sainte-Croix, un minerai de fer oolitique, semblable par ses caractères extérieurs et par sa position géologique aux minerais de Veuzac, Saint-Igest et Aubignac. Il est en couches, au milieu d'un calcaire oolitique, mais le gisement paraît d'une exploitation plus difficile.

Les affleurements sont rares, et la puissance de la couche dans les points où elle est à découvert n'excède pas 0m,40.

Il a donné à l'analyse les résultats suivants :

Perte au feu.	20,20
Oxide de fer.	35,00
Argile.	15,70
Alumine.	0,10
Magnésie.	1,60
Chaux.	27,10
	99,70

12° *Minerais de fer de la Dordogne.*

Ces minerais ont été apportés au port de Livinhac par les bateaux employés au transport des houilles à Mayronne. Leur gisement paraît assez abondant; ils sont analogues par leur composition aux minerais de la Plane, et à moins d'un triage très-soigné on ne pourra les employer

avec avantage aux usines de Decazeville à cause du prix du transport.

Trois échantillons d'espèce différente ont été essayés, les résultats obtenus sont les suivants.

		gr.		gr.
N° 1.	Minerai cru.	10	Calciné. . .	8,82
	Carbonate de chaux. .	3	Chaux. . .	1,68
				10,60
	Ont donné : fonte.	2,65		
	Scorie. . . .	6,80	. . . .	9,45
	Perte.	Ox.		1,15
		gr.		gr.
N° 2.	Minerai cru.	10	Calciné. . .	7,45
	Carbonate de chaux. .	3	Chaux. . . .	1,68
				9,13
	Ont donné : fonte.	2,20		
	Scorie. . . .	6,10	. . . .	8,30
	Perte.			0,93
		gr.		gr.
N° 3.	Minerai cru.	10	Calciné. . .	8,90
	Carbonate de chaux. .	1	Chaux. . .	0,51
				9,41
	Ont donné : fonte.	5,80		
	Scorie.	1,30	. . . .	7,10
	Perte.			2,31

L'échantillon n° 3 est, comme on le voit par le résultat ci-dessus, un des plus riches qui soient portés à Decazeville; c'est aussi le seul des trois qu'on pourrait faire remonter jusqu'à Livinhac,

mais jusqu'à présent on n'a point fait de recherches suffisantes pour s'assurer de l'existence d'un gisement abondant. Tous les échantillons de cette espèce ont été ramassés à la surface et rien ne prouve qu'on en trouverait un dépôt très-étendu.

13° *Galène argentifère de Sanvença.*

J'ai découvert sur les hauteurs de Sanvença, entre Sanvença et La Fouillade, un filon de quartz accompagné de galène à petites facettes, de plomb phosphaté et de cuivre pyriteux. Ce filon, qui n'a point encore été exploré, paraît se rattacher à celui de Peyrottes ; il a la même direction, de l'est à l'ouest, la même puissance ; et, quoique moins riche en minerai, il donne le même rendement en argent.

Le minerai trié, lavé à l'augette, et essayé pour argent a rendu $3^{onc.}$,5 par 100 liv. de schlich.

L'essai a été fait au nitre, en sorte qu'on n'a pu avoir exactement le rendement en plomb, ce qui importait d'ailleurs fort peu.

14° *Minerai de cuivre de Gaudiès.*

J'ai fait pousser une galerie de recherches sur le filon de cuivre plombifère de Gaudiès près les Phalipes. Ce filon, dont la puissance est de 50 à 60 cent., est accompagné de chaux carbonatée manganésifère, de fer spathique, de fer pyriteux. Le minerai y est assez abondant, mais jusqu'ici je ne l'ai pas trouvé d'une allure bien réglée : il est disposé par noyaux en chapelets comme le filon de Canteloube.

Des essais avaient déjà été faits en 1835 au laboratoire de Villefranche, mais il m'a paru convenable de les refaire avant de continuer les fouilles.

L'analyse a donné :

Cuivre.	0,075
Plomb.	0,380
Fer.	0,090
Antimoine	0,170
Soufre.	0,175
Gangue.	0,100
	0,990

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Des expériences faites dans le laboratoire de chimie de Vicdessos pendant l'année 1837;

Par M. FRANÇOIS, Ingénieur des mines.

Les travaux analytiques, faits en 1837 au laboratoire de Vicdessos (Ariége), ont eu pour objet :

1° L'examen des différentes variétés du minerai de fer de Rancié, tant pour jeter les bases de la fixation du degré de richesse en fer nécessaire pour un travail avantageux à la forge, que pour éclairer les recherches sur l'élaboration du minerai dans le traitement catalan.

2° L'étude de quelques minerais de fer et de manganèse susceptibles d'application pratique pour régulariser le travail direct du fer, et favoriser la production, soit de fer doux propre au laminage et à la cémentation, soit de bon fer fort homogène (acier naturel).

3° Des recherches sur la nature des scories, des fers et aciers naturels provenant du traitement catalan, afin d'aider les observations sur l'élaboration du minerai de fer.

Les résultats des analyses des différentes variétés des minerais-vierges et des minerais-marchands de Rancié sont consignés dans un travail spécial inséré dans ce volume à la page 95.

Étude de divers minerais de fer et de manganèse.

Les recherches sur quelques minerais de fer et

de manganèse pour application pratique au travail direct du fer sont portées au tableau qui suit.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Perte au feu. . . .	40,40	35,20	2,40	6,20	9,20	17,60	18,30	11,00	19,00	23,20	41,00
Peroxide de fer. .	20,00	20,00	73,60	. . .	60,00	9,60	10,12	3,00	24,60	68,80	51,00
Oxide magnétique.	. . .	. . .	. . .	77,60	15,20	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Oxide rouge de manganèse. . .	17,00	18,20	3,00	3,60	4,00	62,60	58,00	79,00	40,00	1,60	0,60
Chaux.	2,20	3,60	. . .	. . .	. . .	3,40	2,25	. . .	. . .	2,00	0,80
Magnésie. . . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	Traces.	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Alumine.	. . .	. . .	16,00	5,60	4,80	. . .	. . .	. . .	1,00	1,80	1,00
Silice gélatineuse.	19,20	21,20	5,20	6,00	5,20	4,00	11,30	2,80	13,80	2,20	5,60
Quartz.	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	3,00		. . .	. . .	. . .	. . .
	98,80	98,20	100,20	99,00	98,40	100,20	99,97	100,80	98,40	99,60	100,00
Richesse en fer, p. 0/0. . . .	13,87	13,87	52,60	57,60	55,20	. . .	. . .	. . .	. . .	47,67	35,00

(1) et (2) Deux variétés d'un fer ocreux manganésifère de la serre de Waitchis (canton d'Ax). Le manganèse y est à l'état d'oxide noir terreux. Ce minerai a été essayé avec succès comme fondant du fer oxidulé de Puymorens. Il forme un vaste dépôt, encaissé entre des calcaires et des schistes de transition, qui paraît résulter de la décomposition de schistes. Les eaux chargées des sels, provenant des schistes altérés, auraient, au contact de l'air, déposé soit les oxides métalliques, soit des sous-sels ultérieurement décomposés.

(3) (4) et (5) Trois variétés du fer oxidulé des montagnes de Puymorens (Pyrénées-Orientales). Ce minerai forme un vaste gisement encaissé dans le terrain de transition qui compose les hautes montagnes d'Andorre. Il se présente en couches subordonnées à des schistes noirs plus ou moins bitumineux. Il est très-compacte, d'un gris d'acier. L'analyse indique la présence de l'hydroxide associé au fer magnétique. Les ressources immenses que présente le gisement de Puymorens, sa position sur un des versants de la haute vallée de l'Ariége, la richesse du minerai, nous ont porté à tenter le traitement d'un mélange de minerais de Puymorens et de Rancié. Les résultats obtenus ont dépassé nos espérances. Un jour, nous le pensons, les mines de Puymorens, jetées dans les usines de l'Ariége par une route carrossable, aideront à l'approvisionnement des forges et au développement du travail du fer.

(6) (7) et (8) Trois variétés des manganèses de Bouisse (Aude), dans les montagnes des Corbières. Les analyses (6) et (7) se rapportent à des déchets que nous avons cherché à employer, en addition au minerai de fer, pour travail, soit en

fer doux, soit en fer fort, à la forge catalane. L'application pour fer doux a donné les résultats les plus précieux. Ces déchets seront aussi employés un jour pour travail (étirage et corroyage) des aciers dans des bains manganésiens. Nous nous sommes assuré de la possibilité de diminuer ainsi les déchets, tout en conservant la vivacité des aciers. L'analyse n'indique aucune trace de soufre, si on rejette les fragments associés aux roches encaissantes (schistes pyriteux et bitumineux), qui d'ailleurs sont assez rares.

(9) Manganèse ferrifère de la Bastide-de-Serou, arrondissement de Foix. Ce minerai forme un filon puissant encaissé dans des grès rouges rapportés à l'étage supérieur du terrain de transition. L'analyse n'a indiqué aucune trace d'oxide de cuivre et de sulfate de strontiane, que l'on rencontre à quelque distance dans la même formation. Ce minerai est très-compacte, d'un rouge noirâtre. On y remarque des veinules de quartz. Il a été employé avec succès aux verreries de Pointis. On peut en attendre des applications avantageuses pour le travail, soit du fer, soit des aciers.

(10) et (11) Deux variétés de fer limoneux de Gouaux, près de Luchon (Haute-Garonne). Ce minerai est un hydroxide plus ou moins compacte, caverneux, concrétionné. Il est de formation actuelle, et paraît provenir de la décomposition des schistes noirs, pyriteux et bitumineux, qui alternent avec les calcaires de transition et composent en grande partie le massif des montagnes de Gouaux et de l'Artigue. Il forme des demi-cônes et des mamelons, reposant suivant la pente de la montagne, et présentant des couches concentri-

ques d'hydroxide de fer. A la surface, ces couches se composent de croûtes concrétionnées, à texture spongieuse, exprimant, par la pression, de l'eau chargée d'un sulfate acide de fer. Mais dans la profondeur les couches deviennent de plus en plus compactes; elles empâtent progressivement les végétaux qui croissent à la surface. Ces végétaux passent insensiblement à l'état de fer hydroxidé, sans que leur fibre paraisse altérée quant à la forme. Aussi, par le grillage, le fer limoneux répand une odeur bitumineuse et affecte une couleur noire qui disparaît si l'action du feu est prolongée. Le minerai donne alors un résidu d'un rouge hépatique très-prononcé. L'ensemble de ces phénomènes tient à la présence des matières charbonneuses de végétaux empâtés. La formation du fer limoneux ne dériverait-elle pas de l'altération des schistes, éclatant sous l'action simultanée des eaux d'infiltration et des forces électro-chimiques? Les premières, chargées du sulfate neutre, résultant de la décomposition des pyrites, ont toujours leur point d'émergence au sommet des cônes ou mamelons dont elles élubréfient sans cesse la surface. Ici, au contact de l'air extérieur, le sulfate neutre se décomposerait en un sel acide soluble qui est entraîné par les eaux, et en un sous-sel insoluble qui bientôt s'altère, et dépose l'hydroxide en croûtes concrétionnées, dont la texture, d'abord spongieuse, prend une compacité progressive.

Le mamelon le plus abondant se trouve dans la forêt de Gouaux, au lieu dit *las Bardaous* (les Bourbes). Il forme un monticule aplati, sur lequel on remarque une croûte de fer limoneux, qui atteint souvent 6 à 8 mètres d'épaisseur. La pâte

en est compacte, homogène. Vers la base il empâte des fragments de schiste qui lui donnent une texture bréchiforme. On remarque, en plusieurs points, des traces d'ancienne exploitation. On sait en effet que, vers la fin du dix-huitième siècle, on l'exploita pour la forge de Fos, qui depuis fut détruite par les Espagnols.

L'analyse (10) se rapporte à un minerai compacte pris dans l'intérieur de la masse; elle ne donne aucune trace de soufre, de phosphore ni de cuivre. L'analyse (11) fut faite sur une croûte de la surface ; le lavage donne des traces d'acide sulfurique.

Le gisement de las Bardaous a été demandé en concession : on se propose de l'employer comme greillade aux forges de Guran.

Recherches sur la nature des scories, des fers et aciers naturels, provenant du traitement catalan.

Les recherches analytiques sur la nature des scories du traitement catalan, sont comprises au tableau qui suit. Nous ferons observer que les scories, au sortir du feu, sont noyées et éteintes dans un bain d'eau froide. Aussi se présentent-elles boursouflées; leur texture est tourmentée, souvent granuliforme. Si on les reçoit dans un vase où elles puissent refroidir lentement, elles affectent une texture serrée; leur cassure est ondulée, égale et conchoïde. Leur couleur est très-variable; généralement elle se présente d'un gris-d'acier foncé pour les bonnes scories, et tantôt d'un gris-noir foncé, tantôt d'un verd-noirâtre pour celles chargées en fer. Elles ne sont pas magnétiques si elles sont de bonne allure, et si on les dépouille des grenailles métalliques qu'elles empâtent.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Silice	31,30	33,80	33,00	28,00	28,90	28,10	31,40	27,00	28,00	29,00	38,50	39,60	34,60	32,00	33,60
Protoxide de fer	39,00	30,00	28,10	38,90	37,30	32,20	31,20	41,59	38,90	29,00	20,00	32,00	37,00	43,40	39,80
Protoxide de manganèse	12,00	8,60	18,70	19,20	9,40	13,70	8,15	14,29	10,09	28,60	traces.	traces.	13,00	14,00	13,00
Chaux. . . .			11,00	11,60						8,90	35,40	23,00	3,80	4,00	4,00
Alumine. . . .	} 17,40	} 26,00	} 9,60	} 2,50	} 23,90	25,17	28,00	15,21	23,01	} 5,30	6,10	3,00	5,80	2,00	2,00
Magnésie. . .											0,00	2,00	4,60	3,00	6,00
Grenailles . .	0,80	0,20	0,30	0,40	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	0,15	0,00	. . .	0,70	1,60	1,35
	100,50	98,60	100,70	100,60	99,50	99,17	98,75	98,00	100,00	100,95	100,00	99,60	99,50	100,00	99,75
Richesse en fer.	30,41	23,16	21,56	30,03	28,77	24,76	24,08	32,32	30,02	22,39	15,44	24,70	28,56	33,51	30,73

(1) Scorie provenant du traitement d'un mélange d'oxidule de Puymorens avec le manganèse terreux de Waitchis. On marcha en fonte trop rapide.

(2) Scorie d'un travail de minerais de Rancié et de Puymorens. Ce dernier n'étant pas grillé, on dut soutenir le vent; on obtint un silicate dans lequel le rapport de l'oxygène de la silice à celui de la base, ou R, est 17,50 : 16,15.

(3) et (4) Deux scories de minerai de Rancié, chargé en mine noire manganésienne. L'analyse (3) se rapporte à une allure soutenue pendant plusieurs jours. R = 17,30 : 17,89. L'analyse (4) indique un silicate basique obtenu sous un vent violent.

(5) Une scorie de la forge de Cabre, par un travail moyen R. = 15,08 : 17,54.

(6), (7), (8) et (9) Quatre scories de la Vexanelle, prises à quatre opérations successives. Les analyses (6) et (7) se rapportent à une bonne allure sous un vent modéré : elles indiquent des silicates neutres, tandis que celles (8) et (9), obtenues avec un vent trop fort, ont donné des silicates basiques.

(10) Une scorie de la Prade, venant du traitement de 80 de manganèse de Bouisse avec 150 de Rancié; le vent était un peu fort. R=15,08 : 16,02.

(11) Une scorie de la Vexanelle, retirée sous le nez de la tuyère, où étaient descendus plusieurs fragments de schistes calcaires. Elle avait tout l'aspect d'une ponce verdâtre, d'une légèreté extrême. R=20,02 : 18,58. On ne peut rien conclure de ce résultat, car, pendant la formation de ce silicate, le feu resta en souffrance.

(12) Une scorie de la Vexanelle, provenant

d'un mauvais travail, avec un vent plongeant qui détruisit la sole du creuset. Elle était noire, très-dure, et coulait péniblement. R=+20,59 : 16,07.

(13), (14) et (15) Trois scories prises dans des feux d'essai à l'état naissant; elles étaient d'un jaune-verdâtre légèrement noir. Les variétés (14) et (15) étaient cristallisées. Pour obtenir un résultat moyen, l'analyse porta, tant sur les cristaux que sur les parties amorphes. L'analyse indiqua des silicates neutres, pour lesquels R est respectivement : 17,98 : 16,93; 16,59 : 17,25; et 16,90 : 16,57. On sait d'ailleurs que l'étude des cristaux, faite par M. Dufrénoy, a indiqué l'espèce Péridot dont la formule est : (Si Base).

Quatre scories des forges de Niaux, provenant du traitement de 100 de manganèse de Bouisse, et 1250 de Rancié, ont donné respectivement à l'essai : 22,25; 24,22; 23,00; et 18,33 p. 0/0 de fer métallique.

Deux scories de la Vexanelle et de Guilhe, du même traitement, ont donné à l'essai : 17,23; 16,75 p. 0/0 de fer métallique.

L'ensemble des résultats qui précèdent, indique la tendance des scories à donner des silicates neutres en bonne allure, et le rôle que, dans la composition des silicates, peut jouer le manganèse, indépendamment de son influence sur l'allure du feu et sur la nature des produits. (Voir l'Essai sur l'élaboration du minerai de fer. *Annales des Mines*, tom. XIII.)

Pour éclairer les études théoriques, les recherches qui suivent ont été faites sur les produits du travail catalan. Le dosage du carbone fut toujours pratiqué à la fois par le traitement à

l'iode, et par la réduction sur un gâteau d'argent corné.

1° Deux analyses du tégument métallique, qui recouvre les noyaux de minerai en élaboration, ont donné :

Fer métallique. . . .	76,905	78,675
Scories..	23,100	21,100
Carbone.	00,905	00,125

2° Un bon fer ordinaire a donné : carbone 0,0030 ; scories 0,0035 ;

3° Un bon fer avec addition de manganèse, carbone 0,0020 ; scories 0,0015 ;

4° Un acier-cédat très-vif, qui, en 1826, à la forge de Guillhe, coula par le trou de chio, a donné :

Par le chlorure d'argent : carbone.	0,018
Par l'iode.	0,016

5° Un acier naturel ordinaire a donné, par le chlorure d'argent : carbone 0,0125 ;

6° Un fer fort lié, mélange de fer ordinaire et d'acier naturel, a donné :

Carbone 0,0060 ; scories 0,0048 ; traces de cuivre venant de la tuyère.

Ces divers résultats indiquent : 1° combien est active la cémentation sur le fer naissant aux feux catalans ; 2° l'imperfection du cinglage et du travail du fer sous le marteau ; 3° enfin l'influence du manganèse, comme fondant, pour arriver à la production de fer à la fois plus doux et plus pur.

MÉMOIRE

Sur un bélier hydraulique à une seule soupape (1);

Par M. ANATOLE DE CALIGNY.

L'eau, considérée comme moteur ou comme denrée de première nécessité, qu'il s'agit d'élever ou de transporter à de grandes distances pour les besoins de la vie, se présente sous des formes variées. Il n'en est donc pas des machines hydrauliques comme des machines destinées à produire une fabrication particulière toujours la même; leur variété dépend de celle des besoins à satisfaire. Ayant à en présenter plusieurs dont chacune a un *objet spécial*, quoiqu'elles aient d'ailleurs des choses communes, je ne donnerai leur théorie générale qu'après les avoir décrites comme *organes* dans des articles séparés; il sera facile ensuite d'en saisir l'ensemble et le degré d'utilité. Je vais commencer par la description de l'appareil qui s'éloigne le moins des machines connues.

Étant donné un bélier hydraulique ordinaire, je supprime le réservoir d'air, le matelas d'air et les soupapes qui y sont relatives. La *soupape d'arrêt* est la seule pièce mobile que je conserve dans le système. Je conserve le tuyau d'ascension,

(1) Ce bélier ne doit pas être confondu avec une machine à *colonne oscillante*, dont le but est tout différent, et qui a été l'objet principal d'un rapport favorable de M. Coriolis, dans la séance de l'Académie des sciences, du 20 août 1838.

auquel je donne un diamètre moindre que celui de la conduite.

Je vais m'occuper particulièrement du cas où la soupape d'arrêt est sur le corps de bélier avant le tuyau d'ascension (quoiqu'elle pût être au delà), afin d'éviter des changements brusques de vitesse.

Je suppose d'abord que par une cause quelconque il n'y ait pas d'eau dans le tuyau d'ascension OV (*Pl. VII*, *fig.* 1), que la soupape soit ouverte, et que l'eau en repos dans le tuyau AO commence à se mettre en mouvement.

Elle tend à la fois à sortir par la soupape et à s'élever dans le tuyau d'ascension. Mais, si le corps de bélier a une assez grande longueur, la vitesse est petite dans les premiers instants à cause de l'inertie de la colonne horizontale. Je me suis assuré, par le moyen d'un jet d'eau dans l'air libre, qu'à cette époque le réservoir n'exerce qu'une pression très-faible à l'extrémité qui lui est opposée d'une colonne liquide partant ainsi du repos, toute la force motrice étant d'abord employée à vaincre l'inertie.

L'eau se tient donc à cette époque à une assez petite hauteur dans le tuyau d'ascension. Cependant, quoique la soupape laisse à l'eau un passage libre, la hauteur augmente un peu dans le tuyau d'ascension, par suite de la vitesse de l'eau qui pousse en arrière en se détournant pour sortir du système, et produit un choc analogue à celui qui soulèvera la soupape, comme celle de Montgolfier (1).

(1) Le poids de cette soupape suffit évidemment pour donner une idée de cette petite hauteur. On est à peu près dans le cas d'un long tuyau qui coule à gueule bée et à l'ex-

Quand cette soupape est fermée, l'eau s'élève dans le tuyau d'ascension en vertu de la vitesse acquise dans la corps du bélier. Dans le cas dont il s'agit spécialement ici, où le tuyau d'ascension n'est autre chose que le prolongement recourbé verticalement du corps de bélier, et où la soupape n'est point tenue fermée par un choc à un coude, il est indispensable d'appeler l'attention sur une espèce toute particulière de *pression hydraulique*. Les pressions sur les coudes, les branchements, etc., que l'on doit d'ailleurs éviter, étant peu connues, je présente l'une et l'autre combinaison de cet appareil, comme reposant sur les principes suivants.

Le tuyau d'ascension est d'un diamètre moindre que le tuyau de conduite ou corps de bélier; mais il n'y a aucun coude brusque, ni aucun changement brusque de vitesse, après le premier instant qui suit le choc de la soupape. Il y a cependant *pression* sur les parois du corps de bélier *en vertu de la force vive* de la colonne horizontale en mouvement, dont l'extrémité O, si l'on peut s'exprimer ainsi, *passe à la filière*. Or, la soupape d'arrêt étant très-près du point où cette opération a lieu, la pression *hydraulique* de la colonne qui pousse en arrière est une force qui tend à retenir la soupape fermée. De plus, à mesure que la hauteur de l'eau augmente dans le tuyau d'ascension, si la pression relative à la production de la vitesse au passage rétréci diminue, c'est principalement parce que la pression résistante augmente sur l'extrémité de la colonne

---

trémité duquel la pression est, comme on sait, peu de chose. Il est entendu que le passage laissé par la soupape est au moins égal à la section du tuyau AO. Celui-ci sera toujours supposé assez long par rapport au tuyau d'ascension.

horizontale, ce qui augmente la sûreté de la fermeture. Cette eau qui monte est poussée en arrière par la colonne en mouvement qui la force à continuer à s'élever, malgré son peu de vitesse. La force vive de la colonne horizontale contribue donc à tenir la soupape fermée conjointement avec la pression quelconque du réservoir jusqu'à ce que le mouvement ascensionnel soit fini.

Le carré de la vitesse dans chacun des deux tuyaux en communication est en raison inverse de la *quatrième puissance des diamètres*, à chaque instant, depuis que la soupape est fermée. La somme des pressions *hydrauliques* et hydrostatiques, nécessaire pour produire l'accroissement de vitesse *sans variation brusque*, sera déterminée à chaque instant par la valeur de cet accroissement qui se trouve être considérable pour une certaine variation dans les diamètres. On peut même établir une équation entre le rapport de ces diamètres et le poids de la soupape, afin d'être sûr d'avoir la pression suffisante. Ce n'est pas d'ailleurs seulement à l'extrémité dont il s'agit que l'action de cette pression *hydraulique* se fait sentir. Elle provient du mouvement de toute la colonne horizontale, dont chaque tranche éprouve une action et une réaction, mais sans rien de brusque. Il est donc naturel de penser que cette pression *hydraulique* augmente pour chaque point de A en O avec la fraction de la longueur considérée du réservoir au coude. La soupape pourrait donc, à la rigueur, être à quelque distance du tuyau d'ascension, quoique l'on doive la mettre le plus près possible de ce tuyau.

Quand l'eau a cessé de verser par le sommet du

tuyau d'ascension, ce qui en reste tend à revenir vers la source; la hauteur du versement dépend de la quantité de force vive déjà emmagasinée avant que la soupape d'arrêt fût fermée. Si la colonne horizontale est d'une assez grande longueur, la pression qui tient la soupape fermée diffère peu pendant l'oscillation rétrograde, à cause de l'inertie de cette colonne, de la pression due à la hauteur de l'eau dans le tuyau d'ascension à chaque instant que l'on considère. Je me suis assuré de ce principe, soit au moyen d'un manomètre, soit au moyen d'un jet d'eau oscillant dans l'air libre.

Pour que la soupape d'arrêt retombe, comme dans le bélier de Montgolfier, il est donc prudent de disposer les choses de manière que la colonne descende dans le tuyau d'ascension au moins au niveau de la soupape. Il suffit d'emmagasiner assez de force vive dans le corps du bélier avant l'époque où la soupape se ferme, pour que le produit de l'eau qui reste au-dessus du niveau de la source après le versement, par la hauteur de son centre de gravité au-dessus du même niveau, soit suffisant pour cela d'après le principe de la colonne oscillante. Par exemple, si le diamètre du tuyau vertical est constant, il faut verser l'eau au-dessus du *double* de la hauteur de chute. Il est entendu que toutes les extrémités sont évasées afin que l'on puisse sans inconvénient négliger les vitesses d'entrée et de sortie. Ces vitesses seront d'ailleurs peu de chose, puisque la colonne horizontale est supposée d'une certaine longueur, cette longueur diminuant les vitesses comme dans tous les siphons oscillants. Je veux dire qu'on pourra négliger relativement à la hauteur de la chute, les

hauteurs dues à ces vitesses perdues et les percussions dues à ces mêmes vitesses, sauf celle de la soupape d'arrêt (1).

Dans cet appareil, que je nomme *bélier univalve*, on n'a pas besoin de précision rigoureuse dans l'époque du soulèvement de la soupape, puisqu'elle est seule, et que le mouvement existe pendant un temps notable avant et après; il n'est donc pas impossible d'employer le moyen suivant pour en amortir le choc (*fig.* 2). Supposez que la queue de la soupape porte une chape ou petit vase renversé, dont la forme la meilleure est à étudier par l'expérience. Ce petit vase entrera, quand la soupape se soulèvera, dans un autre petit vase aussi renversé, mais fixe. Il faut, pour employer cette disposition, que l'eau du bief inférieur s'élève au-dessus du vase fixe. On conçoit que le vase mobile ne peut entrer dans le vase fixe sans imprimer de la vitesse à l'eau qu'il contient. Or, il est facile de disposer la forme des deux vases, de manière que la soupape se soit ainsi dépouillée de presque toute sa vitesse, au moment où elle frappe son siége sur la paroi du corps de bélier. On jouit ainsi de deux avantages; d'abord la machine est moins ébranlée, et quand même le petit vase fixe, qui d'ailleurs ne doit pas être touché par l'autre, le serait un peu, cela aurait bien moins d'inconvénient. En second lieu, la fermeture de la soupape étant moins brusque, l'eau qui se trouve entre elle et la surface supérieure O, dans le tuyau d'ascension prend moins brusquement la vitesse

(1) Ce choc de la soupape d'arrêt sera d'autant moins violent pour une quantité donnée de force vive emmagazinée dans le tuyau de conduite, que celui-ci sera plus long relativement à la chute.

de la colonne horizontale. On peut ajouter que le mouvement de haut en bas de l'eau qui sort du petit vase fixe tend à nettoyer le siége de la soupape.

Au moyen de ces dispositions, on voit que le bélier *univalve* fonctionne à peu près sans choc brusque et sans autre perte de force vive que celle qui provient du frottement dans les tuyaux. Je préviens cependant qu'il ne doit pas être employé à verser l'eau à de grandes hauteurs, à cause de ce frottement.

Pour amorcer cet appareil, l'eau étant en équilibre dans le tuyau d'ascension avec la source, il suffit de baisser la soupape. La colonne contenue dans le tuyau d'ascension tend à la fois à sortir par la soupape et à rentrer vers la source. Mais la colonne horizontale étant supposée d'une certaine longueur relativement à celle du tuyau d'ascension, l'inertie de cette colonne horizontale fait, pendant un temps donné, *fonction de vanne* pour empêcher l'eau de retourner vers la source. Je veux dire que la colonne du tuyau d'ascension sort presque tout entière par la soupape, et qu'en vertu de l'inertie dont il s'agit, il en rentre très-peu dans le réservoir de la source. Je ferai plusieurs fois usage de ce principe d'une colonne *faisant fonction de vanne* par son inertie; il est facile à établir, et je l'ai d'ailleurs vérifié par l'expérience. La colonne du tuyau d'ascension étant descendue une première fois, le jeu de la machine continue indéfiniment comme je l'ai expliqué.

On peut se servir de cette machine à une seule soupape pour distribuer l'eau à diverses hauteurs sans ajouter aucune pièce mobile. Il suffit de pratiquer des orifices sur le tuyau d'ascension à ces

hauteurs dues à ces vites[...] comme il y aurait une sions dues à ces mêm[...] force vive perdue par le jet soupape d'arrêt (1) [...] d'une mince paroi, il convient de le faire

Dans cet ap[...] graduellement *évasé* dans un ajutage dont *valve*, on n'[...] section de sortie sera beaucoup plus grande que dans l'épo[...] celle d'entrée (*fig.* 3). D'après les expériences puisqu'el[...] la section [...] sur les ajutages, il semble difficile de le faire existe[...] couler plein; mais j'y parviens en le faisant débou- il n'[...] cher dans une capacité à dégorgeoir supérieur rem- su[...] plie d'eau, et dont les bords sont un peu plus élevés que la section maximum de l'ajutage. Le courant d'eau qui traverse l'ajutage se trouve ainsi graduellement évasé le plus régulièrement possible, sans être divisé *par l'air*, et s'en dégage avec une vitesse presque nulle. Ce procédé permet de diminuer chaque orifice latéral, ainsi que la perte de force vive à cette sortie de l'eau à chaque étage.

Dans le cas où l'on serait obligé d'alimenter un certain nombre d'étages, on pourrait le faire d'une autre manière (*fig.* 4). Il suffit de pratiquer sur le tuyau d'ascension un orifice dont le plan sera incliné sous un certain angle. Quand la section (1) de cet orifice, bien entendu en mince paroi, n'est pas trop grande relativement à la section du tuyau d'ascension, le jet d'eau qui en sort s'élève dans l'air libre à peu près au niveau variable de la colonne oscillante à de grandes hauteurs au-dessus du réservoir de la source, et redescend avec elle. Ce phénomène vient, il est vrai, de la force vive emmaganisée dans la colonne horizontale, mais il n'y a cependant *aucun choc*, *aucune variation brusque de vitesse*. Or, pour verser l'eau à plu-

---

(1) Cette section est réglée d'après la longueur du tuyau de conduite toujours supposée assez grande.

étages, il suffit d'incliner le jet et de le faire ...ur un certain nombre de réservoirs dispo... me les marches d'un escalier. Chaque ... sera alimenté à son tour dans l'ascen... dans la descente; et pour régler la quan... eau reçue par chacun d'eux, on variera ...ion certaines lois le diamètre du tuyau d'ascension, *afin de varier la durée du passage du jet d'un réservoir au suivant*. Le centre de gravité de l'eau dépensée par le jet d'eau oscillant retombera d'une hauteur d'autant moindre que les réservoirs étagés seront plus nombreux entre deux hauteurs données. On peut en disposer une partie au-dessous du niveau de la source.

Il y a quelques circonstances où il serait utile de distribuer une masse d'eau à plusieurs étages, en perdant le moins possible de la hauteur de son centre de gravité. Bélidor en parle dans son Traité des écluses. Quoique je n'aie pas l'intention de parler ici des écluses, pour donner un exemple quelconque de l'utilité d'une distribution d'eau à plusieurs étages, et avoir une occasion d'insister sur les propriétés du bélier *univalve*, je vais donner un document inédit sur les dimensions du fameux sas de Bousingue. Ce document est extrait du Portefeuille de MM. de Caligny (1), conservé au *dépôt des fortifications*, et où se trouvent plus de cent de

---

(1) Leur théorème sur les *écluses accolées* est resté dans la science, *quoiqu'il fût contraire aux idées de Bélidor* et de la plupart des ingénieurs du temps. (*Voy.* Gauthey commenté par Navier, t. III, p. 28.) Un des ouvrages dont il s'agit se trouve à la Bibliothèque royale dans la collection de ceux qui furent choisis par Fénélon pour l'instruction du duc de Bourgogne.

leurs mémoires sur les travaux décrits par Bélidor. On se prive quelquefois de la connaissance des *valeurs moyennes* des quantités variables et de détails utiles, quand on ne consulte pas les mémoires originaux.

« Le sas de Bousingue a 20 toises de longueur » sur 3 toises 2 pieds d'ouverture de porte, et 20 » à 25 pieds de saut entre deux eaux, *non com-* » *pris les 7 ou 8 pieds qui restent sur le radier*; » c'est une des plus belles pièces, en ce genre de » bâtiment, qui se voyent. Comme il a très-peu » d'eau, on la ménage du mieux que l'on peut, » c'est pourquoi ce sas est revêtu d'un bout à » l'autre sur la même largeur que les portes, et » on a pratiqué deux réservoirs à côté, dans les- » quels on décharge les deux tiers de son eau » quand il est plein, avant que d'ouvrir la basse » porte, laquelle eau se reprend quand il s'agit de » remonter quelque bateau. C'est la ville d'Ypres » qui l'a fait faire à ses frais en 1636, aussi bien » que le canal qui descend de la ville basse au sas » qui a 15, 20 à 30 toises de large; car il est inégal » sur 7, 8 à 9 pieds de profondeur en grande eau, » quand il n'est pas encombré, et du moins 6 dans » les temps les plus secs. Il est étonnant comme » une aussi petite quantité d'eau peut entretenir » une si grande pièce toute l'année, car l'Iper n'est » qu'un mauvais ruisseau provenant de la décharge » des étangs de Digbus et de Zelbeck, et d'un autre » petit ruisselet qui descend de Vormezel, les uns » et les autres, à proprement parler ne sont que » des égouts des montagnes voisines; aussi ces » deux étangs se vident à moitié pendant les sé- » cheresses, à l'entretien 3 ou 4 mois durant du » canal, de la plénitude des fossés de la fortifi- » cation et au nettoiement des égouts de cette

» ville, qui sans cela ne serait pas habitable dans
» les grandes chaleurs.

» Ce sas est trop important pour être aban-
» donné à la bonne foi du public; c'est pourquoi
» on y a fait autrefois une redoute à machicoulis
» avec quelque bout de retranchement; mais cela
» n'est pas suffisant pour sa sûreté. On y fit, pen-
» dant la dernière guerre, un ouvrage à corne, de
» terre gazonnée, fraisé et palissadé, avec un fossé à
» l'entour, qui en couvre entièrement les avenues
» du côté de l'ennemi, etc., 1699, signé Vauban. »

On voit, dans cette lettre, que le système de ré-
servoirs latéraux servait lui-même de fossés à la
fortification, de sorte que le sas était défendu par
un moyen tiré du principe même sur lequel il
reposait.

Pour diminuer les pertes de force vive dans les
décharges latérales, il suffit évidemment de mul-
tiplier les réservoirs établis sur la hauteur de
l'écluse (1). Les réservoirs latéraux, exécutés se-
lon ce système en Angleterre, et particulièrement
sur le canal de la Grande-Jonction, sont beau-
coup moins élevés les uns au-dessus des autres;

(1) Il ne me paraît pas impossible de faire fonctionner les vannes des réservoirs étagés presque sans ouvriers. Je suppose que deux flotteurs *inégaux* soient suspendus par des chaînes de longueurs *inégales* aux deux bras d'un balancier, ou en un mot agissent l'un sur l'autre de part et d'autre d'un axe, d'une manière quelconque. On conçoit que la hausse ou la baisse de l'eau procurerait un mouvement de va et vient si le flotteur *le plus léger* était suspendu à la chaîne *la plus courte*, puisque malgré sa légèreté il pourrait se trouver prépondérant à l'époque où il serait *seul* hors de l'eau. Il est facile de voir comment on pourrait combiner des mouvements de ce genre pour faire fonctionner des vannes. Cependant je n'insiste pas sur ce sujet, à cause de difficultés locales qu'on ne peut apprécier que dans l'exécution.

chaque écluse est aussi beaucoup moins élevée que celle de Bousingue. (Voyage dans la Grande-Bretagne, Force commerciale, par M. le Baron Charles Dupin, p. 213. Essai sur les travaux publics de la Grande-Bretagne, par M. Dutens, p. 31, 71, 82.) (1)

La dénomination de bélier *univalve* signifie seulement qu'il n'y a pas de soupapes d'ascension. On sait que dans les gros béliers, ceux, par exemple, de 0m,33 de diamètre, il y a plusieurs soupapes d'arrêt. Je n'ai plus à m'occuper d'aucun choc sur un réservoir d'air comprimé, mais par cette raison même, la colonne abandonnée presque sans choc à son libre balancement parcourt un plus grand espace à chaque oscillation, ce qui augmente le chemin des résistances passives. Or, c'est précisément à cause de ce libre balancement que le bélier *univalve* débitera plus d'eau dans l'unité de temps que le bélier de Montgolfier. Il est d'ailleurs permis de penser que dans certaines limites, la perte de force vive dont il s'agit sera compensée, au moins jusqu'à un certain point, par la diminution de celle qui avait lieu par suite des percussions dans l'ancien bélier. D'ailleurs, par cette dernière raison, le bélier *univalve* pourra avoir sans inconvénient un beaucoup plus grand diamètre ; ce qui est encore une compensation.

J'ai établi les véritables bases du calcul des résistances en frottement dont il s'agit dans un mémoire inséré au tome XIII de ces Annales, p. 1, et depuis, je les ai vérifiées par des expériences en grand. Sans entrer en ce moment dans les détails de calcul, j'indiquerai le sas de Bousingue,

(1) Ces auteurs s'étendent sur les applications nombreuses de ce système en Angleterre et en parlent avec de grands éloges.

le plus élevé peut-être que l'on connaisse, comme offrant une limite supérieure aux hauteurs pour lesquelles on pourra appliquer le bélier *univalve* de la manière suivante.

Je suppose que l'eau soit descendue au-dessous de la moitié de la hauteur du sas en se transvasant latéralement. On pourra vider ce qui reste au moyen d'un ou de plusieurs béliers *univalves* qui en élèveront une partie soit dans le canal supérieur soit dans les réservoirs étagés. Quand même l'effet utile absolu de ce bélier serait moindre dans cette circonstance qu'il ne paraît l'être, l'avantage lui resterait peut-être en définitive. En effet, sa propriété distinctive est de pouvoir débiter de grandes masses d'eau; d'être tout naturellement *amorcé* chaque fois que l'on voudra vider l'écluse, le corps du bélier étant au-dessous des basses eaux; de fonctionner sans interruption tant qu'il restera assez d'eau dans le sas pour soulever le boulet par son écoulement, sans que l'on ait à s'en occuper; enfin de distribuer au besoin l'eau à plusieurs étages, *quoiqu'il n'ait qu'une seule pièce mobile*.

En résumé, quel que soit le succès pratique du bélier *univalve*, je crois pouvoir le présenter comme un *organe* qui remplit une case de la science par l'application d'une espèce toute particulière de *pression hydraulique*. Les phénomènes de cette nouvelle espèce de pression, mis en évidence par mon *jet d'eau oscillant dans l'air libre sans coup de bélier*, diffèrent essentiellement de ceux sur lesquels reposent toutes les variétés du système de Montgolfier.

Description des mouvements de l'eau dans le bélier univalve.

Il est facile de se former rapidement une idée

des masses d'eau débitées, dans le cas dont il s'agit, par le bélier *univalve*. Bélidor (*Architecture hydraulique*, page 413) dit qu'il fallait huit minutes pour remplir le sas, et que l'eau déchargée dans les réservoirs latéraux, quand on le vidait, s'y élevait à une hauteur de 1 pied 4 pouces. Il paraît d'après les plans que la largeur de chaque vanne pouvait être double de cette hauteur. Ainsi la section de chaque vanne peut être considérée comme ne différant pas excessivement de la section qu'il ne paraît pas impossible de donner au bélier *univalve*, s'il y a plusieurs soupapes d'arrêt.

Quand on vidait le sas, l'écoulement de l'eau se faisait sans que l'on eût à s'embarrasser de l'inertie d'une colonne en repos au moment du départ, et de ce que l'eau ne coule pas toujours dans le même sens comme dans le bélier *univalve*. Mais aussi dans le cas où l'on viderait un sas au moyen d'un bélier *univalve*, on pourrait profiter d'une *charge* plus haute sur chaque réservoir étagé, si ces réservoirs étaient nombreux, ce qui fait compensation au moins jusqu'à un certain point.

On sait que la durée d'une oscillation dans un siphon à diamètre constant et à branches verticales est comme la racine quarrée de la longueur de la colonne oscillante, et égale à celle d'un pendule ayant la moitié de cette longueur. Si une des branches est très-large par rapport à l'autre, il est facile de voir que, pour chaque hauteur d'eau pénétrée dans la branche ascendante verticale, le centre de gravité de cette eau descend d'une hauteur moitié moindre. La force vive est moitié moindre pour chaque hauteur partielle obtenue, et la vitesse est environ $\frac{1}{\sqrt{2}}$ de ce qu'elle serait dans le siphon à

diamètre constant si la longueur de la colonne oscillante est grande par rapport à l'amplitude de l'oscillation. La durée des oscillations de l'eau dans ce cas est donc à peu près égale à celle des oscillations d'un pendule ayant la longueur moyenne de la colonne.

Si la branche d'ascension est d'un diamètre moindre que la conduite, la durée de chaque oscillation est, comme on va voir, en raison du rapport de ce diamètre à celui de la conduite. La force vive développée quand l'eau arrive à une hauteur donnée est en raison du quarré de ce rapport, comme le chemin parcouru dans la conduite. Si la masse en mouvement est supposée à peu près constante, la vitesse moyenne est donc en raison de ce rapport; le chemin parcouru dans la conduite est comme son quarré, ainsi la durée de l'oscillation est comme le rapport simple.

Cela suffit pour apprécier la durée de l'oscillation rétrograde du bélier *univalve*, abstraction faite de la courbure inférieure du tuyau d'ascension et du jet d'eau oscillant dans l'air libre. L'expérience prouve d'ailleurs que les frottements n'augmentent pas bien sensiblement cette durée. Mais la durée du mouvement de l'eau dans l'autre sens est plus longue, à cause du versement par la soupape et du versement supérieur. Pour s'en former une idée, il suffit de considérer la manière dont la force vive s'emmagasine dans le corps de bélier. Si, jusqu'à ce que la soupape se ferme, la hauteur du niveau du réservoir de pression au-dessus de cette soupape, est seulement égale à la chute, la pression motrice parcourra un chemin plus long pour emmagasiner une quantité donnée de force vive, que si l'oscillation partait d'une certaine profondeur au-dessous du

niveau du sol. Cela suffit pour se former rapidement une idée de l'augmentation de durée qui peut provenir du chemin parcouru à l'origine de l'oscillation, et de ce que le tuyau se terminant au-dessous de la limite supérieure de l'oscillation dans un tuyau indéfiniment prolongé, il passe plus d'eau par le point V, parce qu'elle ne monte point jusqu'à la limite de hauteur qu'elle pourrait atteindre.

Par les mêmes raisons le chemin des résistances passives est plus grand dans une des oscillations du bélier *univalve* que dans un tuyau d'ascension vertical sans écoulement supérieur ni inférieur; mais c'est au commencement et à la fin de l'oscillation, aux époques où l'eau a le moins de vitesse. On peut au reste faire provisoirement abstraction de cette considération, parce que le coefficient du frottement est moindre dans le mouvement oscillatoire que dans le mouvement permanent; et considérer la somme des pertes de force vive pour deux oscillations dans un siphon dont une branche est très-large. On peut d'ailleurs, pour tenir compte des résistances quelconques, considérer deux oscillations dont la première, qui ne diminuerait pas la seconde *par un versement supérieur*, aurait toute l'amplitude qu'aurait celle où il y a des écoulements, si la force vive maximum était emmagasinée et dépensée sans écoulement à l'extérieur.

Abstraction faite de ce qui se passe dans le tuyau d'ascension, la conduite ayant une longueur suffisante, il est facile de voir que, dans certaines limites, plus on diminue le diamètre de ce tuyau d'ascension, plus on diminue le travail en frottement à chaque oscillation. Le chemin parcouru dans la conduite et la moyenne des quarrés des

vitesses sont en raison du quarré du rapport du diamètre du tuyau d'ascension au diamètre de la conduite, abstraction faite des frottements. Il est donc facile de voir, pour les cas où les frottements ne sont pas très-grands, qu'à chaque oscillation, le travail des résistantes passives est à peu près en raison de la quatrième puissance de ce rapport, tandis que le travail moteur est seulement comme son quarré.

On voit que la règle qui consiste à rétrécir le tuyau d'ascension dans certaines limites n'a pas seulement pour but d'assurer la fermeture de la soupape, mais de régler la durée des oscillations, et le travail en frottement. Quant à cette dernière considération, ce qu'il y aurait de mieux serait sans doute de diminuer le plus possible le chemin parcouru dans la conduite, aux époques où la vitesse et par suite le frottement y sont à leur maximum. La première idée qui se présente est de former le tuyau d'ascension de deux parties ayant chacune la forme d'un *pavillon de trompette*. Or, d'après le mémoire que j'ai déjà inséré dans ces Annales, tom. XIII, pag. 1, le quarré de la vitesse varie à peu près comme les cercles d'une sphère, lesquels ne varient pas très-rapidement jusqu'à une certaine distance du centre de la sphère. Il suffit donc, si l'on veut, de donner au tuyau d'ascension un diamètre moindre qu'à la conduite en évasant ses extrémités. Il se terminera au-dessus du niveau de la source à une hauteur qui pourra être environ moitié de la limite supérieure de l'oscillation dans un tuyau indéfiniment prolongé. Cette hauteur est une moyenne entre celles pour lesquelles l'effet de la machine serait nul.

Dans le mémoire dont il s'agit j'ai rapporté des expériences de Du Buat sur les oscillations de l'eau

dans un siphon de trois pouces de diamètre. J'ai fait voir que les amplitudes de ces oscillations étaient à peu près les mêmes que si la seule résistance passive eût été le frottement proportionnel aux quarrés des vitesses, et que son coefficient eût été égal à celui du mouvement permanent. Dans cette hypothèse, la longueur de la colonne horizontale n'augmenterait pas le travail en frottement à chaque oscillation, parce que l'augmentation de longueur frottante serait compensée par la diminution des quarrés des vitesses. *Le frottement se trouverait être à chaque instant proportionnel à la force vive.* Cette expérience va être très-commode pour donner une idée de l'effet utile du bélier *univalve*. La perte de travail résultant de l'ensemble des deux premières oscillations était environ $\frac{1}{4}$ du travail théorique, l'amplitude de chaque oscillation étant d'un peu moins de deux pieds. Si le tuyau avait eu dix-huit pouces de diamètre comme une des grandes conduites de Couplet, l'amplitude aurait pu être de douze pieds, sans que le rapport de la perte de travail au travail théorique fût plus grand. Il aurait même pu être beaucoup moindre, à cause des raisons que j'ai rapportées dans le mémoire dont il s'agit.

Il semblerait d'après cela que l'effet utile du bélier *univalve* pour des dimensions de ce genre serait de 0,75, même abstraction faite du rétrécissement du tuyau d'ascension. En effet, si le travail moteur est moitié moindre dans un siphon dont une des branches est très-large, le travail résistant est aussi moitié moindre. Mais je ne reçois pas toute l'eau soulevée au-dessus du niveau N. Le produit de ce qui en reste dans le tuyau, par la hauteur de son centre de gravité au-dessus de ce niveau de la source, est le quart du même

produit dans un tuyau indéfiniment prolongé. L'effet utile n'est donc pas 0,75, mais $1 - \frac{1}{4} \times \frac{4}{3}$ $= 0,67$, le déchet $\frac{1}{4}$ portant sur les $\frac{3}{4}$ environ du produit total.

J'augmente cet effet utile, comme je l'ai dit, en *rétrécissant le tuyau d'ascension*, ou je le conserve le même pour des hauteurs plus grandes, en rétrécissant de plus en plus, si cela est nécessaire, la partie supérieure, jusqu'à ce qu'elle s'évase pour le versement.

Ce que je viens de dire n'est sans doute qu'un aperçu, mais on voit comment la machine pourra servir pour des amplitudes moindres que la hauteur du sas de Bousingue. Il faudrait cependant avoir égard, dans le cas d'un sas que l'on viderait, à la baisse graduelle de l'eau. En effet, plus l'eau motrice baisse, plus il faut que la pression, et par suite les résistances passives, parcourent de chemin pour qu'une quantité donnée de force vive soit emmagasinée. Mais si l'effet utile diminue avec la hauteur de l'eau, l'importance de l'effet théorique diminue aussi avec la même hauteur.

Dans ce cas il est indispensable d'enfoncer l'extrémité du tuyau de conduite au-dessous du niveau des basses eaux, de manière à former un espèce de siphon renversé. En effet plus le niveau baisse dans le sas, plus la hauteur du point V au-dessus de ce niveau est grande. L'amplitude de l'oscillation rétrograde augmente aussi, à moins qu'on ne pût varier les hauteurs de versement au moyen de la *vanne cylindrique décrite par Tredgold* (*Traité des machines à vapeur*, p. 357). On conçoit, d'après ce qui a été dit et d'après la nature des mouvements dans un tuyau qui ne coulerait pas plein, combien il est utile que la colonne descende aussi verticalement que possible.

On a représenté cette disposition dans la *fig.* 5, où l'on a disposé la soupape avant le tuyau d'ascension, afin de donner une idée complète des formes diverses que l'on pourrait donner au bélier *univalve*. Cette figure représente un sas à décharges latérales dans des réservoirs étagés sur lesquels passe un jet d'eau oscillant.

Il serait plus difficile de faire le calcul de cette machine avec ce jet. Il faudrait que l'eau ne rejaillît pas et cependant ne redescendît pas trop pour alimenter les réservoirs. D'ailleurs l'emploi des *longs ajutages divergents et verticaux*, analogues à celui de la *fig.* 3, sera sans doute préférable à ce jet d'eau oscillant, plutôt peut-être curieux qu'utile, mais qui caractérise bien la nature des pressions dans le bélier *univalve*. Le calcul de l'effet de la machine avec ces ajutages ne différera pas beaucoup de celui où il n'y a qu'un point de versement V. On tiendra compte de la différence des chemins parcourus par suite de la différence des quantités versées, du frottement dans l'ajutage et de la vitesse nécessaire au dégagement de l'eau à l'évasement.

Sans entrer dans le détail des effets du jet d'eau oscillant, je me contenterai de remarquer que dans la descente de la colonne si l'orifice du jet était à la limite inférieure de l'oscillation, la soupape serait abandonnée à elle-même à peu près comme dans le cas où ce jet n'existe pas, si le diamètre de ce dernier n'est pas trop grand. En effet, ce jet diminue la force motrice, mais par la raison même qu'il dépense de l'eau on en a moins à *refouler* dans le réservoir de la source, ce qui fait compensation au moins jusqu'à un certain point.

Il résulte de tout ce qui précède que le bélier

univalve ne peut être exécuté utilement qu'avec des tuyaux d'un grand diamètre. Mais il paraît devoir donner des effets avantageux, quand il s'agira de débiter d'assez grandes masses d'eau et de les élever ou de les distribuer à des hauteurs peu considérables, par exemple pour l'alimentation des canaux, les niveaux étant constants ou variables.

Les applications précédentes ont d'ailleurs simplement pour but de faire ressortir les propriétés principales du bélier *univalve*. Il sera d'autant plus avantageux que les amplitudes des oscillations seront moindres, sans être excessivement petites, par rapport au diamètre et à la longueur de son tuyau de conduite (1).

(1) Dans le cas où l'oscillation descend au-dessous du niveau des basses eaux, si la soupape d'arrêt n'était pas au-dessous de ce niveau, il serait facile de transformer le bélier *univalve* en machine pour les épuisements, *par la simple addition d'une soupape*. En effet, je suppose que le tuyau enfoncé dans le sol traverse une fontaine à un niveau moins élevé, et qu'une soupape permette à l'eau de cette fontaine d'entrer dans le tuyau sans revenir sur ses pas. A l'époque où la surface supérieure de la colonne oscillante sera descendue au-dessous du niveau de la fontaine, l'eau de celle-ci descendra, par son propre poids, dans le tuyau *comme dans un puits foré*. Quand la colonne oscillante remontera, elle soulèvera cette eau et la versera sur le sol, tout en refermant la soupape de la fontaine. Ainsi l'eau épuisée *sans aspiration* précédera la colonne oscillante dans le bélier *univalve*, au lieu de la suivre comme dans le bélier *aspirateur* de Montgolfier.

On peut, dans ce cas, *diminuer le chemin des résistances passives*, au moyen d'un assez grand *matelas d'air* qui, substitué au tuyau d'ascension, *changerait le sens de la vitesse de la colonne*. Il n'y aurait dans ce changement aucun choc brusque, la pression augmenterait *graduellement* dans le matelas d'air, et produirait peut-être à peu près le même effet sur la colonne qu'une augmentation graduelle de la pesanteur.

EXPLICATION DE LA PLANCHE VII.

Cette planche doit être considérée comme étant simplement un moyen de représenter ce qu'il y a d'essentiel dans le principe du bélier *univalve*. Il est entendu qu'on fait abstraction des dispositions secondaires, dont l'expérience seule peut indiquer le degré d'utilité. Je dirai, pour en donner un exemple, qu'il semblerait rationnel de garnir d'une sorte de *poupe* la soupape de la *figure* 5, afin de diminuer la contraction de la veine à la sortie de l'eau par cette soupape, si cela ne compliquait pas d'une manière inconnue les mouvements de l'eau dans le coude à l'époque où elle sera fermée.

La *figure* 1 représente le bélier *univalve* avec son système de fermeture. Le rapport du diamètre du tuyau d'ascension au diamètre du tuyau de conduite est déterminé d'après le poids de la soupape. Mais pour établir une équation rigoureuse entre ce rapport et ce poids, il faut connaître chaque hauteur de chute donnée et chaque longueur donnée de tuyau de conduite, d'après ce qui a été dit dans le mémoire. Ainsi, quand même le dessin serait exact, il ne présenterait rien d'absolu sous ce rapport.

La *figure* 2 représente la soupape garnie d'une sorte de *proue* afin de diminuer, comme je l'ai expliqué, le choc de la soupape sur son siége. On n'a point représenté les guides, et d'ailleurs l'expérience seule peut indiquer dans

chaque circonstance la forme la meilleure pour diminuer ce choc, jusqu'à un certain point, dans la pratique, sans trop nuire à l'écoulement.

La *figure* 3 représente un ajutage divergent dont la forme rigoureuse et les dimensions ne peuvent être indiquées par le calcul. Il est représenté presque vertical, afin que l'air soit tout naturellement chassé par la colonne ascendante. Celle-ci, après l'avoir rempli, achève de remplir un petit vase dont les bords sont un peu plus élevés que la section extrême horizontale de cet ajutage, afin que l'écoulement du liquide se fasse dans un milieu de même nature que ce liquide lui-même.

La *figure* 4 représente un bélier *univalve à parabole oscillante*. On sait par les expériences de Mariotte que, pour des hauteurs analogues à celles que je considère, la résistance de l'air ne diminue que de petites quantités la hauteur théorique des jets d'eau ordinaires. Mais il n'est peut-être pas inutile de prévenir, qu'abstraction faite de toute résistance passive, si le jet dans l'air libre était très-incliné, il ne monterait pas aussi haut qu'un jet vertical. En effet, s'il en était ainsi, il resterait une composante horizontale de la vitesse qui se trouverait être un effet sans cause. C'est pour cela que le tuyau d'ascension monte plus haut que le jet d'eau oscillant; même abstraction faite de tout autre considération. Il ne faut pas d'ailleurs s'arrêter aux angles tels qu'ils sont dessinés; ils dépendent de diverses considérations. Il ne faut pas non plus s'arrêter au mode de prise d'eau du jet sur le tuyau d'ascension, parce que c'est une

chose à déterminer par l'expérience. Celles que j'ai faites sur ce sujet ont été exécutées en pratiquant tout simplement des orifices en mince paroi sur la conduite horizontale.

La *figure* 5 représente une écluse à réservoirs étagés. Avant d'expliquer la fonction du jet d'eau oscillant, je suppose que le sas soit rempli d'eau et qu'on veuille le vider pour faire descendre un bateau. On lèvera d'abord la vanne du réservoir latéral le plus élevé, afin de transvaser la partie la plus élevée de l'eau du sas. Après avoir refermé cette vanne on ouvrira celle du réservoir immédiatement inférieur. Après avoir fait la même manœuvre pour ce second réservoir, on la fera pour tous les autres jusqu'au dernier et le centre de gravité de la masse d'eau totale sera descendu d'environ la moitié de la hauteur qui sépare un réservoir du suivant en supposant les étages égaux en hauteur. On suppose les réservoirs suffisamment larges, ils le seront d'autant moins qu'ils seront plus nombreux. Quand on voudra remplir le sas on le fera par une manœuvre inverse et l'on tirera l'excédant du canal supérieur.

Je suppose maintenant qu'on ait vidé par des décharges latérales une portion seulement du sas, et qu'on veuille vider le reste au moyen d'un bélier *univalve*. Pour ne pas sortir du cas représenté par la figure, je suppose, ce qui arrive d'ailleurs quelquefois, comme le remarque Bélidor, que l'on ait des courants d'eau étagés au moyen desquels on alimente en partie les réservoirs inférieurs. Pour compléter leur alimen-

tation on peut faire passer dessus un jet d'eau oscillant. Je préviens qu'il ne faut pas s'arrêter à la forme du tuyau d'ascension telle qu'elle est dessinée. Comme je l'ai dit dans le mémoire, on en fera varier le diamètre selon certaines lois, afin de régler l'alimentation de chaque réservoir au moyen de la durée du passage du jet d'eau dans l'air entre des hauteurs données. Au reste il est facile de voir ici qu'au-dessus du niveau variable de l'eau dans le sas, ce seront les réservoirs les plus élevés qui seront les mieux alimentés. En effet plus la colonne oscillante s'élève au-dessus de ce niveau, plus le passage dont il s'agit augmente de durée, la vitesse et par suite la dépense d'eau du jet augmentent aussi puisqu'il monte plus haut. Or ce sont précisément ces réservoirs supérieurs, qui sans cela auraient le plus de chances de se vider par suite des pertes d'eau qui ont lieu dans la pratique, parce que ces pertes peuvent alimenter les réservoirs inférieurs.

En vertu de la composante horizontale de la vitesse, l'eau tendrait à rejaillir si l'on n'inclinait pas les parois des réservoirs étagés d'une manière analogue à ce qui est représenté dans la *figure* 5. Mais au moyen de cette disposition, cette vitesse d'ailleurs perdue pour l'effet utile, est employée à éloigner la distance du versement à l'intérieur des réservoirs.

Je ne m'arrête pas davantage à ces détails secondaires, l'emploi du jet d'eau oscillant n'étant lui-même qu'une application probablement moins utile que celle de l'ajutage de la *figure* 3. Ces

détails sont d'ailleurs faciles à trouver avec un peu d'attention (1).

---

(1) J'ai employé dans ce mémoire la soupape de Montgolfier, parce qu'en la débarrassant de la soupape d'ascension, on peut la considérer *comme ayant déjà reçu la sanction de l'expérience*. La manière dont j'assure sa fermeture sans employer de réservoir d'air, en profitant d'un accroissement de force vive à la jonction des deux tuyaux *sans choc brusque*, est ce qui distingue le plus particulièrement le bélier *univalve*. Je crois devoir cependant indiquer sommairement un moyen particulier tout différent de produire le même effet, sans être obligé de profiter de cet accroissement de force vive, et en évitant d'ailleurs toute espèce de changement brusque de vitesse, ce que le bélier *univalve* ne peut faire complétement. N'ayant pas fait l'expérience de cette disposition, je ne peux que l'indiquer ici, pour valoir ce que de raison, comme un *instrument de physique*.

Je suppose qu'il n'y ait pas de soupape dans la *figure* 1, dont le tuyau se trouve ainsi sans solution de continuité, mais qu'au-dessus du point O une petite portion du tuyau d'ascension puisse se déranger de la verticale en tournant suffisamment autour d'un axe, tout l'appareil restant d'ailleurs fixe. Si l'on a un moyen de replacer à l'instant convenable ce petit bout de tuyau dans sa position verticale, il fera précisément ici le même effet que la soupape de Montgolfier, avec cette différence qu'*il n'y aura plus aucun coup de bélier possible dans l'intérieur de la colonne oscillante.* Or, on conçoit que ce bout de tuyau peut se déranger de la verticale au moyen d'une *cataracte*, et que le mouvement de l'eau peut d'ailleurs le relever au moyen d'une palette, puisqu'il soulèverait bien un boulet. La manière d'opérer la jonction des extrémités de ce petit tube avec le tuyau de conduite et le tuyau d'ascension est à étudier par l'expérience. Mais on peut supposer le cas d'un tube d'ascension très-court qui, en se dérangeant tout entier de la verticale au moyen d'une *cataracte* alimentée par un versement supérieur, ferait lui-même *fonction de soupape*, quoiqu'il n'y eût point de soupape proprement dite dans

le système. Or il me semble que cet appareil à *balancement périodique du tube d'ascension*, *sans soupape proprement dite*, *ni aucune autre pièce solide mobile*, constitue lui-même un *nouvel instrument de physique*, abstraction faite d'ailleurs de toute application utile, et c'est pour cela seulement que j'écris ce renvoi. Il est inutile de décrire ici le mode de suspension du tube et la disposition des leviers, qui assureront périodiquement la stabilité dans l'une et l'autre position, etc.

Addition au mémoire inséré au tom. XIII, pag. 1.

Comme je l'ai dit dans mon mémoire précédent, il faut que l'eau ait parcouru, à partir de la naissance du mouvement, un certain chemin par rapport au diamètre d'un tuyau de conduite, pour que le rapport de la vitesse retardée de la couche frottante contre la paroi, à la vitesse moyenne, considérée dans un même instant, soit aussi grand que dans un mouvement parvenu à l'uniformité. En effet, le retard causé par le frottement à la paroi sur la couche d'eau qui le touche, ne se transmet pas instantanément aux couches intérieures.

On sait par un théorème de M. de Prony, et il est d'ailleurs évident, que le coefficient du frottement dont il s'agit dépend de ce rapport. *Ainsi, jusqu'à une certaine limite de chemin parcouru, il n'y a pas, à proprement parler, de terme proportionnel aux carrés des vitesses dans le mouvement oscillatoire.* Ce coefficient augmente avec l'amplitude de l'oscillation, toutes choses égales d'ailleurs, et sa limite est le coefficient du mouvement uniforme. Je ne parle point ici de ce qui se passe dans les très-petites vitesses.

Pour vérifier ce nouveau principe, et les conséquences que j'en ai tirées, j'avais déjà fait, en 1835 et 1837, des expériences sur une échelle moyenne entre celles des expériences de Bossut et de Du Buat sur le mouvement uniforme de l'eau dans les tuyaux de conduite. Mais ce que j'en avais conclu de plus positif, c'était que pour des vitesses où le terme de la résistance en frottement, proportionnel aux carrés des vitesses, ne semblait pas devoir suffire pour expliquer le déchet dans les hauteurs des oscilla-

tions d'après ce que l'on savait, ce terme était cependant suffisant et au delà. Quant aux oscillations d'une très-petite amplitude, elles étaient compliquées par les mouvements intérieurs des corps légers tenus par l'eau en suspension ; sauf la lenteur des mouvements, on eût dit que la colonne montante était en ébullition.

La diminution du coefficient du frottement se présenta d'une manière beaucoup plus tranchée dans des expériences que je fis en 1837, sur les oscillations de l'eau dans des tubes verticaux de 0m,05 de diamètre, et de 1 à 4 mètres de long ; mais toutes ces expériences demandaient à être faites avec de plus grands diamètres, afin que l'on pût observer les influences des rapports des diamètres aux courses des oscillations (1).

J'ai fait dernièrement des expériences sur une

(1) Il se présente des phénomènes particuliers aux tubes d'un petit diamètre. Ainsi pour un tube d'un mètre de long et d'un diamètre de 0m,004 à 0m,005, le maximum de hauteur obtenue par la colonne oscillante au-dessus du niveau du réservoir, où l'on enfonce un tube vertical, ne correspond plus, comme pour de plus grands diamètres, au cas où la profondeur du point de départ de l'oscillation est au maximum. Pour un diamètre de 0m,005 à 0m,001, et une longueur de 1 mètre, et de 2 mètres pour le plus gros, cela n'a plus lieu, excepté pour le cas où l'on s'y prend de manière à ce que la profondeur du point de départ ne soit diminuée que par l'introduction d'une colonne d'eau *en repos au moment de ce départ*. Mais alors il devient avantageux de diminuer cette profondeur de près de moitié. *Ce qu'il y a de nouveau, c'est que c'est bien la même colonne qui, partant du repos, s'élève plus haut que dans le cas où elle était déjà en mouvement*. Le fait précédent nous apprenait qu'il y a dans le coefficient des frottements une différence essentielle, provenant de la différence des chemins parcourus. Nous aurions sans cela un moyen de séparer jusqu'à un certain point de la résistance en frottement, celle des déviations de filets à

échelle triple de celles de Bossut et de Du Buat quant aux dimensions des tuyaux. J'étais dans des circonstances défavorables, parce qu'étant pressé par la saison, j'avais négligé de détruire diverses causes de perte de force vive. Mais le résultat est trop décisif pour n'être pas du moins énoncé, quoique j'espère obtenir des résultats un peu plus avantageux. J'ai encore retrouvé ce fait que, pour des vitesses où le terme de l'expression du frottement, proportionnel aux carrés des vitesses, ne semblait point devoir suffire pour expliquer le déchet, il suffisait et au delà. Or, j'ai été à même de constater que c'est bien d'une diminution de ce terme que cela dépend, et non de l'absence des autres termes de l'expression de la résistance. Ces termes reparaissent dans les vitesses moindres, mais ce qu'il y a de décisif, *c'est qu'ils reparaissent pour des vitesses plus grandes dans le cas où la course de l'oscillation est assez grande*. Ainsi ils n'ont disparu à aucune époque, mais ils étaient compensés par la diminution du terme proportionnel aux carrés des vitesses, dans le cas où ils n'étaient pas trop grands, et où *conformément à mon principe*, la course de l'oscillation n'était pas trop grande dans la longue conduite horizontale.

l'entrée du tube dans le cas où il y a une colonne en repos au moment du départ et dans le cas où il n'y en a guère plus que si le mouvement était uniforme. Cependant, comme il est assez évident à priori qu'à *la naissance du mouvement*, les déviations de filets sont moindres que dans un mouvement parvenu à l'uniformité, j'ai cru pouvoir décrire ce fait comme une expression nouvelle de cette loi. Quant à la méthode d'expérience, je ne m'y arrête point ici, elle consiste principalement à boucher avec la main le sommet des tubes avant de les enfoncer dans un réservoir à niveau constant, et à les déboucher ensuite rapidement au bout d'un certain temps.

NOTICE

Sur les fontes blanches miroitantes, dites fontes blanches du Rhin;

(Extrait du *Handbuch der Eisenhüttenkunde*, et de l'*Archiv für Bergbau und Hüttenwesen* de M. Karsten.)

Par M. VOLTZ.

§ 1.

Nature physique des fontes miroitantes.

Les fontes blanches, employées à la fabrication de l'acier naturel, venant du pays de Siegen (Prusse rhénane) et portant dans le commerce le nom de fontes blanches du Rhin, sont de deux sortes : 1° les fontes miroitantes, 2° les fontes rayonnées. Les fourneaux qui les produisent donnent en outre des fontes grises et des fontes blanches, grenues ou compactes.

La fonte blanche miroitante de la Prusse rhénane est massive, sans cavernosités, et d'un blanc d'étain brillant, fréquemment irisé; elle est composée de grandes lames bien prononcées, dont les deux faces ne sont pas exactement parallèles; la texture de la masse de chacune de ces lames est compacte, sans clivage, on y voit bien quelquefois de petites lamelles transversales, isolées, assez brillantes; mais ce ne sont pas des clivages. Ces lames sont disposées en groupes, dans lesquels elles divergent légèrement; elles sont placées transversalement à l'épaisseur des gueuses et un peu obliquement à leurs surfaces supérieure et inférieure; leurs dimensions sont de 30

à 40 millimètres en longueur, de 15 à 30 millimètres en largeur et de 1 à 2 millimètres en épaisseur.

Les fontes miroitantes à grandes lames de la Prusse rhénane (spiegel eisen), telles qu'on vient de les décrire, forment l'espèce la plus aciéreuse, la plus recherchée et la plus fréquente; mais il existe des passages de cette espèce à la fonte blanche grenue, qui sont également fort estimés encore; les lames sont alors moins bien prononcées, moins brillantes, plus fortement soudées ensemble, plus étroites et plus longues; et dans chaque groupe elles sont disposées en rayons, dont le centre est à la surface inférieure de la gueuse; on appelle ces fontes, fontes rayonnées; quelquefois les rayons sont si étroits qu'il en résulte une structure fibreuse; on appelle alors ces fontes, fontes fibreuses.

Ces fontes sont excessivement dures et très-cassantes, les fontes miroitantes surtout; la lime ne les attaque pas, elles sont aigres et ne montrent aucune trace de cette espèce de ductilité qu'offrent les fontes grises.

La pesanteur spécifique des fontes blanches est en général plus forte que celle des fontes grises, mais la fonte miroitante est aussi un peu plus pesante que la fonte blanche grenue ou compacte; cette dernière est ordinairement caverneuse; les pesanteurs spécifiques de chacune de ces trois sortes de fontes provenant des fourneaux à fontes aciéreuses de cette contrée, sont de 6,400 à 7,065 pour la fonte grise, de 7,214 à 7,889 pour la fonte miroitante; et de 7,100 à 7,700 pour la fonte blanche caverneuse.

Souvent les gueuses de fontes blanches miroi-

tantes de la Prusse rhénane sont composées entièrement de fontes miroitantes, mais plus souvent encore leur partie inférieure est miroitante, rayonnée ou fibreuse, et la partie supérieure est grise; on les appelle alors fontes rubannées. La partie blanche de ces gueuses n'est jamais grenue ou compacte ou caverneuse; les deux sortes de fontes ne passent pas insensiblement l'une à l'autre dans les gueuses rubannées, à leur contact la différence entre elles est toujours bien tranchée. L'épaisseur des bandes blanches et grises est variable; la bande grise est souvent truitée de blanc, d'autres fois la bande blanche est truitée de gris; la bande grise est ordinairement plus faible que la bande blanche.

Les fontes miroitantes, radiées ou rubannées de la Prusse rhénane sont coulées et livrées au commerce en gueuses ou plaques larges de 50 à 60 centimètres et ayant une épaisseur de 4 à 6 centimètres; leur surface est sillonnée par deux systèmes de rainures qui les divisent en carreaux et permettent de les casser facilement en morceaux de 10 à 15 kilogrammes.

Ces fontes viennent toutes des environs de Coblence, où elles sont fabriquées dans des usines situées sur la rive droite du Rhin.

Les fontes blanches sont en général plus fusibles que les fontes grises; mais les fontes blanches grenues ou compactes du Rhin ne prennent jamais une très-grande fluidité; elles passent promptement à l'état pâteux, et leur solidification est plus lente que celle des fontes grises, lesquelles se solidifient plus promptement, mais sans passer à l'état pâteux. Les fontes miroitantes deviennent au contraire bien liquides par la fusion lorsque la cha-

leur est assez grande, elles passent alors successivement par l'état pâteux et par celui de bouillie épaisse; elles conservent aussi leur liquidité plus longtemps que les fontes blanches grenues ou compactes, leur solidification est plus lente, et elles sont plus fusibles que ces dernières.

§ 2.

Nature chimique des fontes miroitantes.

Les fontes miroitantes du Rhin s'obtiennent en général avec des minerais très-fusibles et qui sont fortement manganésifères et très-pauvres en chaux, le minerai est un mélange de fer hydroxidé et de fer spathique, les fondants sont du schiste argileux et rarement de la castine.

Lorsque les fourneaux à fonte à acier du grand duché du Rhin sont en bonne allure et que la charge en minerai est trop faible, ils produisent de la fonte grise aciéreuse.

M. Karsten, donne (*Archiv. vol.* 13, p. 222), des analyses d'une telle fonte grise et de son laitier, d'après lesquelles la composition de ces produits serait la suivante :

Fonte grise à acier.	Fer : quantité déterminée par défalcation	86,7705	
	Manganèse	7,4210	
	Silicium	1,3125	
	Graphite	2,3750	4,4550
	Carbone combiné	2,0800	
	Soufre	0,0010	
	Phosphore	0,0400	
	Total des matières étrangères	13,2295	

Laitier.			Oxygène contenu.	
	Silice	49,57	25,76	
	Alumine	9,00	4,26	
	Oxidule de fer	0,04	0,01	
	Magnésie	15,15	5,88	11,68
	Oxidule de manganèse	25,84	5,79	
	Soufre	0,08		
	Total	99,68		

Ce laitier est gris violâtre et sort du fourneau à l'état liquide épais, presque pâteux; jamais il n'est très-fluide pendant que le fourneau produit de la fonte grise.

Lorsque ces fourneaux sont encore en bonne allure et que la charge est au maximum que permet cette bonne allure, on obtient de la fonte miroitante; le laitier alors est d'un gris pâle violâtre ou vert pâle, mais en même temps très-fluide. Cette grande fluidité du laitier paraît être une condition indispensable pour obtenir de la fonte miroitante.

M. Karsten donne encore dans le même ouvrage l'analyse de la fonte miroitante et de son laitier, dont je rapporte également les résultats.

Fonte miroitante.		
	Fer : quantité déterminée par défalcation.	89,7255
	Manganèse	4,4960
	Silicium	0,5565
	Graphite	0,0000
	Carbone combiné	5,1400
	Soufre	0,0020
	Phosphore	0,0800
	Total des matières étrangères	10,2745

Laitier.			Oxygène contenu.	
	Silice	48,39	25,15	
	Alumine	6,66	3,11	
	Oxide de fer	0,06	6,02	
	Magnésie	10,22	3,96	17,60
	Oxidule de manganèse	33,96	7,62	
	Soufre	0,08		
	Total	99,37		

Quand enfin la charge en minerai est trop forte, on obtient de la fonte blanche grenue. Le laitier, dans ce cas, est vert bouteille; et plus le grain de la fonte devient fin, plus la teinte verte est foncée.

Les analyses de M. Karsten, de la fonte et du laitier de cette allure, ont donné les résultats suivants :

Fonte blanche compacte caverneuse.	Fer, quantité déterminée par défalcation	95,209
	Manganèse.	1,790
	Silicium	0,001
	Graphite.	0,000
	Carbone combiné	2.910
	Soufre.	0.010
	Phosphore	0,080
	Total des matières étrangères. . .	4,791

			Oxygène contenu	
Laitier.	Silice	37,80	19,69	
	Alumine	2,10	0.88	
	Oxidule de fer.	21,50	4,90	14,78
	Oxidule de manganèse.	29,20	6.50	
	Magnésie	8,60	3,33	
	Soufre	0,02	0,00	
	Total. . .	99,22		

Les analyses de ces trois sortes de fontes et de leurs laitiers ont été répétées à plusieurs reprises; on a fait aussi des analyses des qualités intermédiaires de ces fontes et les résultats ont toujours été trouvés concordants.

On voit par ces analyses que le carbone combiné dans les fontes grises paraît n'être guère que la moitié de celui combiné dans les fontes miroitantes; mais ces fontes renferment aussi du carbone non combiné à l'état de graphite.

Dans la production de la fonte grise à acier de la Prusse rhénane, la réduction des oxides métalliques a été beaucoup plus avancée que dans celle de la fonte miroitante, car elle contient jusqu'à 13,27 de parties étrangères, parmi lesquelles le manganèse va jusqu'à 7,40 et le silicium jusqu'à 1,31 ; le laitier en est donc moins riche en manganèse; il est aussi moins fusible que celui des deux autres sortes de fontes et n'est jamais très-fluide, malgré son grand contenu en protoxide de manganèse.

Il est remarquable de voir que dans ce laitier où le contenu en protoxide de manganèse est fort grand, celui en fer est presque nul; cela provient de la difficulté de réduire l'oxide de manganèse, quand il est en présence de la silice, à cause de la grande action qu'il exerce sur cette substance, avec laquelle il produit un silicate très-fusible, et d'une réduction bien plus difficile que celle du silicate de fer.

Dans la production des fontes miroitantes de la Prusse rhénane, la réduction des oxides métalliques a été bien moins avancée; le total des matières étrangères ne s'élève qu'à 10,90 p. o/o au plus; ces fontes contiennent moins de manganèse et moins de silicium que les fontes grises des mêmes fourneaux; leur laitier bien qu'il soit encore très-pauvre en fer est au contraire bien plus riche en protoxide de manganèse, car il en tient jusqu'à 33 p. o/o, aussi est-il bien plus fusible que le laitier des fontes grises, et il sort du fourneau à un état très-liquide et non pas pâteux comme dans le laitier des fontes grises.

Dans ce laitier si riche en protoxide de manganèse, il se trouve encore que le contenu en

fer est presque nul, et cependant l'action réductive que le minerai a subie dans le fourneau a été bien moindre; l'on voit clairement ici la grande influence résultant de la réduction difficile de l'oxide de manganèse, de l'action énergique de la silice sur cet oxide et de la grande fusibilité du silicate de manganèse.

Le carbone de ces fontes est entièrement à l'état combiné; on n'y trouve jamais de graphite, bien que leur contenu en carbone soit aussi grand que dans les fontes grises et souvent même plus grand encore. Leur contenu en soufre a augmenté de 0,001, et celui eu phosphore a augmenté de 0,04.

Dans la production de la fonte blanche grenue ou compacte des fourneaux à fontes aciéreuses de la Prusse rhénane, la réduction est encore bien moins avancée et le contenu en matières étrangères ne s'élève guère au delà de 5 p. 0/0 dont environ 3 p. 0/0 de carbone combiné, 1,80 p. 0/0 de manganèse et presque point de silicium; mais le contenu en soufre est plus notable que dans les deux sortes de fontes précédentes. Ainsi que dans les fontes miroitantes il n'y a point de graphite, mais le carbone combiné est encore en proportion plus forte que dans la fonte grise, abstraction faite de son graphite; celle-ci se rapproche plus, sous ce rapport, de l'acier naturel non trempé, que la fonte caverneuse; mais elle est plus siliceuse. Son contenu en phosphore n'a pas augmenté, bien que celui en soufre se soit élevé de 0,002 à 0,01.

Le laitier est très-fluide quand le fourneau produit de cette dernière sorte de fonte, et est toujours d'un vert foncé, ce qui provient de son grand

contenu en protoxide de fer, outre la grande quantité de protoxide de manganèse qu'il renferme.

§ 3.

De la fabrication des fontes miroitantes.

On a déjà vu que ces fontes ne sont obtenues dans le grand duché du Rhin, qu'avec des minerais de fer hydroxidés et carbonatés qui sont très-riches en manganèse, très-pauvres en chaux et très-fusibles, et que le laitier des fontes miroitantes est très-fusible et très-fluide, tandis que celui des fontes grises est beaucoup moins fusible et sort du fourneau à l'état pâteux.

On a vu aussi que, dans ces fourneaux, la fonte grise aciéreuse s'obtient quand la charge du minerai est un peu faible; que la fonte miroitante s'obtient quand la charge est exactement ni trop forte, ni trop faible, c'est-à-dire en telle quantité que la réduction du fer peut encore se faire complétement, mais que celle du silicium et du manganèse est très-faible, en sorte que les laitiers sont alors très-riches en protoxide de manganèse, très-fusibles et très-fluides; mais dans ce cas le laitier offre encore du graphite à la surface, et la flamme du gueulard montre encore le caractère d'une bonne allure (gaargang).

On a vu enfin que la fonte blanche grenue ou compacte est produite quand la charge en minerai est trop forte pour que la réduction du fer puisse s'opérer complétement, en sorte que les laitiers sont alors très-ferrugineux et excessivement fusibles par le fait de leur grand contenu en protoxide de fer et de manganèse.

Dans le premier cas, la chaleur du fourneau est

au maximum, et dans le troisième, elle est trop faible et l'on ne peut rester dans cet état sans engorger le fourneau.

Avec des minerais peu manganésés qui n'ont point, ou n'ont que peu de tendance à donner des fontes miroitantes, on obtient souvent cette nature de fonte, dans la Prusse rhénane, en y ajoutant comme fondants des laitiers bocardés très-riches en manganèse : quelquefois quand la tendance de ces minerais à produire de la fonte miroitante n'est pas assez puissante, on arrive aussi à l'obtenir en ajoutant de la castine pour rendre le laitier très-fusible et très-fluide; d'autres fois c'est un grillage complet du minerai qui conduit à ce résultat, et inversement, on a bien de la peine à obtenir des fontes miroitantes avec des minerais mal grillés.

Quand les fourneaux marchent en fontes miroitantes et que, sans changer la charge, on donne du charbon plus fort, la fonte devient grise; si l'on donne du charbon plus faible, la fonte devient blanche grenue. Quand le fourneau se dérange, elle devient grenue blanche également : toute cause qui refroidit le fourneau fait passer la fonte blanche miroitante à l'état grenu ou compacte et caverneux.

Quand les minerais de ces fourneaux sont peu manganiques, on n'obtient que de la fonte grise pendant la bonne allure, lorsque l'allure se dérange, la fonte passe au blanc grenu et puis au compacte quand le dérangement se maintient, sans jamais prendre la contexture miroitante dans ce passage.

M. Stengel a remarqué que quand on retire des morceaux de minerai fondu qui descendent de-

vant dans la tuyère, on y trouve toujours des grenailles de fonte blanche sans graphite, quelle que soit l'allure du fourneau, même quand la fonte est d'un gris noirâtre; dans la partie supérieure du bain du laitier, on ne trouve également que des grenailles blanches; mais lorsque la fonte produite est grise ou rubannée, le fond du bain offre déjà des gouttelettes de fonte, qui sont grises après leur solidification lente. Ainsi le passage de la nature des fontes blanches à celle des fontes grises, commence pendant la descente de ces gouttelettes dans le bain de laitier qui est toujours épais et un peu pâteux, dès qu'il se produit de la fonte grise.

Ce métallurgiste a remarqué encore que lorsque les fourneaux produisent des fontes rubannées, la séparation de la fonte grise et de la fonte blanche se fait dans le creuset même; en puisant dans ce cas dans le fond de l'ouvrage, on retire avec la cuiller de la fonte blanche, et en puisant dans le haut du bain de fonte, on en retire de la fonte grise (1).

Ce dernier fait nous indique que ces deux sortes de fontes ont déjà des pesanteurs spécifiques différentes avant leur solidification, c'est-à-dire avant la formation du graphite; que dans ce cas, elles se produisent simultanément dans le fourneau, et que leur séparation n'est pas le résultat d'une marche de molécules pendant la solidification; mais bien celui de leur nature qui est différente.

Il ne serait guère possible de tenir constamment un fourneau dans l'allure des fontes miroitantes; les limites entre lesquelles la production de cette sorte de fonte est possible sont

assez resserrées, et il faudrait à la fois des minerais très-fusibles, très-réductibles, d'une facile cémentation et d'une nature constante, ainsi que des charbons et un vent d'une qualité invariable, pour pouvoir marcher constamment dans cette allure; aussi les produits des fourneaux qui marchent habituellement en fonte miroitante sont-ils très-variables; tantôt la fonte est entièrement miroitante, ou entièrement rayonnée, tantôt elle est rubannée, tantôt grise, et tantôt blanche grenue ou caverneuse.

La plupart des minerais ne permettent pas d'obtenir de la fonte miroitante; car il ne suffit pas, pour obtenir cette sorte de fonte, de marcher à la limite entre la bonne allure et celle à fonte blanche caverneuse, ce qui, avec la plupart des minerais, serait très-dangereux; mais il faut encore que le minerai, lorsqu'il arrive auprès de la tuyère, soit complétement réduit et le fer bien carburé, sans renfermer du silicium en quantité notable, et qu'en même temps toutes les matières terreuses et les oxides métalliques restants, forment alors un laitier très-fusible et très-fluide; or le plus grand nombre des minerais n'offre pas ces conditions qui supposent que le laitier est fusible à une température moyenne, et que la réduction et le degré convenable de la carburation du fer peut se faire aussi à cette température; il y a quelques minerais, tels que les silicates de fer, où la réduction ne peut bien se faire qu'à une température fort élevée; dans ces cas il y a forte réduction de silicium, dégagement de graphite et production de fonte grise, et il ne faut pas même chercher alors à avoir des laitiers très-fusibles, autrement la fusion se ferait avant que la réduc-

tion soit suffisamment avancée. Quant aux minerais sulfureux, il faut une température très-élevée pour se débarrasser du soufre; c'est pour cela qu'on ne peut obtenir que très-rarement des fontes blanches compactes de bonne qualité, quand même les minerais sont très-fusibles, la plupart des minerais étant plus ou moins sulfureux. En outre, les minerais phosphoreux ainsi que ceux qui sont très-sulfureux demandent un excès de castine, si l'on veut obtenir des gueuses de bonne qualité; mais cet excès de castine diminue la fusibilité du laitier, et l'on ne peut obtenir que de la fonte grise (2). D'ailleurs, il faut songer aussi que quand même la réduction peut se faire à une température moyenne et que l'on peut rendre les laitiers plus fusibles à l'aide des fondants, on n'a cependant pas les mêmes effets dans le fourneau que lorsque les minerais donnent naturellement des laitiers fusibles; la marche relative de la réduction du fer ainsi que de sa carburation et de la fusion du laitier qui doit suivre ces deux opérations n'est pas la même dans les deux cas, parce que le fondant ajouté agit moins promptement, moins également et moins complétement que le fondant qui se trouve intimement mélangé ou combiné dans le minerai même.

Un contenu notable en manganèse dans les minerais, paraît être nécessaire pour la production des fontes propres à donner de l'acier naturel, de première qualité, parce que la grande fusibilité du silicate de manganèse rend les laitiers très-fusibles, et permet de traiter des minerais à une température moins élevée que celle qui rendrait la fonte grise, et par conséquent plus sili-

ceuse, ce qui serait très-nuisible dans l'affinage pour acier. En outre une partie de l'oxide manganique se réduisant quand il est en forte proportion la fonte prend un contenu notable en manganèse; et, pendant l'affinage, le silicium de celle-ci est enlevé plus facilement par l'effet de l'oxide de ce métal, qui a plus d'affinité pour la silice que l'oxide de fer, en sorte que l'oxidation du silicium se fait plus promptement, que la fonte demande une action oxidante moins prolongée, et que l'on obtient un acier moins ferreux et plus homogène (3).

Pour la production des fontes miroitantes, le minerai peut être un peu moins fusible que pour celle des fontes blanches non miroitantes; dans les fourneaux de la Prusse rhénane il faut une température plus élevée, une réduction et une cémentation un peu plus avancée pour leur production que pour celle de ces dernières (4).

§ 4.

Observations diverses.

Il est aisé de rendre blanche la fonte grise de ces fourneaux, ainsi que toutes les fontes grises en général, il suffit à cet effet de rendre sa solidification très-prompte.

Plus la chaleur de cette fonte grise liquéfiée a été grande et sa solidification ralentie, moins cette fonte devient blanche par le refroidissement; elle devient truitée, faiblement grise, ou enfin très-grise, suivant que ce phénomène se fait plus lentement, et que la fonte liquide a été portée à une plus haute température; jamais on ne peut la faire arriver par le refroidissement à prendre une texture à grandes lames miroitantes; elle est au con-

traire toujours compacte ou du moins à grains très-fins ou fibreuse, quand elle a été blanchie par le refroidissement.

La formation du graphite des fontes grises dans les fourneaux à fonte miroitante, n'a lieu que lorsque la température est au plus haut degré; aussi ne parvient-on à changer la fonte miroitante en fonte grise qu'en la tenant liquide pendant quelque temps à un très-haut degré de chaleur; M. Stengel a trouvé que si on la refond sans prendre cette précaution, on obtient de nouveau de la fonte blanche miroitante, quelque soin que l'on prenne à la refroidir lentement et à retarder sa solidification.

Quand les fontes blanches contiennent peu de carbone, on ne peut les convertir en fontes grises qu'à une température bien plus élevée que celle nécessaire pour produire le même effet sur des fontes riches en carbone, sans doute parce qu'elles sont plus réfractaires que ces dernières. Quand le contenu en carbone est plus faible encore, elles ne se convertissent plus qu'en fonte adoucie, et l'on ne parvient plus à produire la formation du graphite.

On peut encore donner une couleur grise aux fontes blanches, en les adoucissant, c'est-à-dire en les tenant longtemps rougies à une température élevée, mais sans les fondre et en les préservant de l'action de l'air et de matières oxidantes; alors les fontes blanches perdent leur dureté, prennent une certaine tenacité et une couleur grise et deviennent ce que l'on appelle fonte adoucie; leur couleur grise n'est pas due dans ce cas au graphite, car il n'y en a pas du tout dans les fontes blanches adoucies; c'est un état de fer analogue à l'acier non

trempé et peut-être à la partie métallique de certaines fontes grises tendres, c'est-à-dire à ces fontes abstraction faite dn graphite qui s'y trouve mélangé; la température dans l'adoucissement n'a pas été assez élevée pour permettre la formation du graphite, et le carbone est encore combiné à toute la masse du fer, du moins pendant qu'elles sont rougies, aussi la fonte adoucie devient blanche et dure par la trempe, comme l'acier.

Dans les fourneaux qui produisent de la fonte d'un gris foncé, le dégagement du graphite commence déjà pendant que la fonte est encore à un état très-liquide dans l'ouvrage, les laitiers qui s'écoulent alors par-dessus la dame en montrent souvent une grande quantité; nous avons déjà vu que même dans ce cas les grains de fonte qui descendent dans le laitier épais de l'ouvrage sont d'abord blancs, et que ce n'est qu'après y avoir séjourné pendant quelque temps qu'ils deviennent graphitiques. Les fontes liquides qui donnent des gueuses grises deviennent à la vérité blanches par un refroidissement très-prompt, ce qui semblerait indiquer qu'il ne s'était pas dégagé de graphite dans le fourneau; mais à vrai dire cela indique seulement que le graphite, si léger relativement au fer, a pu, dans cet état parfaitement liquide, s'en séparer dès sa formation, en s'élevant très-promptement à la surface du métal, ce qui ne peut plus avoir lieu une fois que celui-ci commence à s'épaissir : c'est d'ailleurs dans ce dernier état qu'il s'en forme le plus abondamment; mais alors il ne peut plus se séparer de la fonte et il y reste incorporé.

On voit par ces faits que la fonte, quand elle vient de se liquéfier, contient toujours le carbone

à l'état combiné, et que la fusion du minerai, quand le fourneau marche bien, ne s'effectue qu'après qu'il a subi une réduction complète et une cémentation convenable par le charbon et par les gaz carbonés; alors le fer réduit et carburé se liquéfie d'abord, et le dégagement du graphite ne commence que lorsque la fusion est terminée et que la température de l'ouvrage est portée à un très-haut degré; autrement la fonte reste blanche.

La moindre fusibilité des fontes grises graphitiques paraît provenir simplement de ce que dans ces fontes à l'état solide, le fer est combiné à beaucoup moins de carbone que dans les fontes blanches, et qu'il faut une grande chaleur pour dissoudre le graphite mélangé à cette combinaison si peu carburée et si peu fusible. Dans la fusion la fonte grise passe promptement à l'état très-liquide, parce que, par le fait de la dissolution du graphite, sa quantité de carbone combiné est portée presque instantanément au delà du double.

On peut objecter, à la vérité, que le fait des fontes blanches miroitantes et des fontes grises qui se produisent simultanément dans les hauts-fourneaux de la Prusse rhénane, lorsqu'on obtient des fontes rubanées, et celui des fontes truitées, ne concorde pas avec cette conclusion, car les deux fontes semblent être produites à la même température; mais il faut remarquer que la température du fourneau doit être plus élevée auprès de la tuyère qu'auprès des autres parois de l'ouvrage, en sorte que les globules de fonte arrivant dans le creuset, ne sauraient avoir tous la même température; et si le fourneau mar-

che à la limite entre la production des fontes grises et des fontes blanches, la température devant la tuyère peut produire des fontes grises très-fluides, et celle des autres parties de l'ouvrage peut produire des fontes moins chaudes, et par conséquent moins grises ou blanches. Il faut remarquer encore que les diverses sortes de minerais, que l'on traite à la fois dans les fourneaux, ont des degrés différents de fusibilité, de réductibilité et de facilité de se cémenter, ainsi que des chaleurs spécifiques différentes, et que toutes les parties du minerai n'ont pas subi un même degré de grillage. Les diverses parties du minerai doivent donc absorber, pendant leur liquéfaction, des quantités différentes de chaleur; aussi peut-on obtenir des fontes truitées dans les fourneaux qui produisent habituellement de la fonte grise avec des minerais grillés, en chargeant une partie du minerai à l'état cru ou grillé à moitié : c'est un procédé pratiqué en Suède.

§ 5.

De l'emploi des fontes miroitantes de la Prusse rhénane.

Les fontes miroitantes du pays de Siegen ne sont consommées en France que dans les acieries des départements de la Moselle, des Vosges et de la Haute-Saône; et dans ces deux derniers départements, on ne les emploie qu'en faible quantité. Leur prix d'achat est trop élevé (5) pour permettre de les consommer dans la fabrication du fer; on ne les emploie que dans la fabrication de l'acier naturel, qui est alors de première qualité, et bien supérieur aux aciers fabriqués avec des fontes grises.

La fonte grise du pays de Siegen est propre aussi à la fabrication de l'acier, mais beaucoup moins que la fonte miroitante de ces fourneaux; on consomme alors plus de charbon et de main-d'œuvre, et l'acier produit est plus inégal et plus ferreux que celui produit avec les fontes miroitantes : leur fusion demande une température trop élevée, un vent trop fort, qui rend l'acier ferreux. Plus ces fontes grises sont douces, moins elles conviennent à la fabrication de l'acier; plus elles sont aigres, mieux elles conviennent à cette fabrication. On a remarqué en même temps que les fontes grises les plus aigres sont aussi celles qui contiennent le plus de manganèse (6).

Dans l'ouest de l'Allemagne, on emploie ordinairement les fontes rubanées à la fabrication de l'acier naturel, ou bien un mélange de fonte miroitante et de fonte grise aciéreuse (7). C'est pour faciliter ces mélanges que les gueuses sont coulées en plaques sillonnées par deux systèmes de rainures : on les casse alors d'autant plus facilement en morceaux assez petits, qui permettent de faire le mélange à volonté. Les gueuses rubanées ayant un tiers de fonte grise, sont celles que l'on préfère pour la fabrication de l'acier naturel.

Dans la Prusse rhénane, on consomme par 100 kil. d'acier brut, 137 kil. de fonte rubanée, et 1,13 mètres cubes de charbon de bois dur, pesant environ 230 kil.

NOTES.

(1) M. Stengel, directeur du fourneau de Hamm, qui appartient au gouvernement prussien, et produit habituellement des fontes miroitantes, a fait un grand nombre d'expériences et d'observations fort curieuses sur la fabrication de ces fontes; elles sont consignées dans des mémoires insérés dans les vol. 8, 9, 13 et 15 de l'*Archiv* de M. Karsten.

(2) C'est un fait bien connu, que beaucoup de minerais ne peuvent donner de bonnes fontes pour la fabrication du fer, qu'en les traitant de façon à obtenir des fontes grises, c'est-à-dire à une forte chaleur. Dans le département de la Haute-Marne, on a des minerais du terrain néocomien, qui, chargés en forte proportion, produisent des fontes blanches grenues en bonne allure de fourneau; mais ces fontes ne fournissent que du fer médiocre. En chargeant le minerai en faible proportion, au contraire, on obtient des fontes truitées ou grises qui produisent un fer de bonne qualité, connu dans le commerce sous le nom de fer de roche.

(3) Les minerais de fer, riches en manganèse, sont fort rares, surtout en France; ce sont des variétés de deux espèces de mine de fer, le fer spathique et le fer hydroxidé (mine de fer brune) et souvent encore ces espèces de minerais sont pauvres en manganèse. Leurs gîtes ne se trouvent guère que dans les pays de montagnes; ils forment des filons ou amas qu'on exploite par travaux

souterrains, et ne sont jamais semblables aux gîtes superficiels de la Lorraine, de l'Alsace, de la Champagne, de la Franche-Comté ou du Berry, dont les minerais sont généralement pauvres en manganèse; on n'en connaît du moins que très-peu qui renferment une proportion notable de ce métal.

Il n'existe en France de minerais semblables que dans le Dauphiné et dans les Pyrénées, et encore n'est-on pas parvenu à produire des fontes miroitantes avec ces minerais. En Savoie, on exploite aussi de ces minerais qui ne produisent pas non plus de fontes miroitantes; mais ils donnent cependant des fontes blanches propres à la fabrication d'un bon acier, lequel toutefois est encore inférieur à l'acier provenant des fontes miroitantes de la Prusse rhénane.

(4) Il ne faut pas croire que pour la production facile d'un acier naturel de première qualité, la fonte doive nécessairement être miroitante ou radiée. En Styrie et en Carinthie on évite même, autant que possible, de produire des fontes miroitantes ou fortement radiées, et l'on préfère de beaucoup les fontes blanches, faiblement radiées ou grenues pour la fabrication de l'acier de forge, parce qu'elles produisent un acier meilleur, et dont l'affinage est moins long et moins difficile.

Ces fontes radiées ou grenues ne sont pas caverneuses et se produisent dans la bonne allure des fourneaux comme les fontes blanches et grenues des environs de Joinville et de Wassy.

Les fontes caverneuses de la Styrie se distinguent de celles de la Prusse rhénane et de la Haute-Marne, en ce qu'elles ne sont ni dures ni aigres, elles ont même de la ténacité, mais, comme ces

dernières, elles ne conviennent plus à la fabrication de l'acier naturel.

Dans ces trois contrées les minerais sont très-fusibles, mais moins dans les deux premières de ces contrées que dans la Styrie et dans la Carinthie; il paraît que dans ces derniers pays ils sont riches en manganèse et dépourvus de soufre, de phosphore, et d'autres substances nuisibles, ce qui n'est pas le cas des minerais de la Haute-Marne. Les minerais employés, dans la Prusse rhénane, à la fabrication des fontes miroitantes, sont également moins purs; ils sont toujours plus ou moins mélangés de minerai de cuivre sulfureux, antimonifères et arsénifères, et les fontes blanches caverneuses de cette contrée ont une teneur notable en soufre, tandis que le contenu en substances nuisibles au fer et à l'acier doit être presque nul dans les minerais de la Styrie et de la Carinthie, puisque les fontes caverneuses de ces contrées donnent encore un fer de première qualité, bien qu'elles ne s'obtiennent que lorsque les fourneaux ne sont plus en bonne allure. Les minerais de la Prusse rhénane paraissent être moins fusibles que ceux de la Styrie, de la Carinthie et de l'arrondissement de Wassy, puisque les fourneaux ne sont plus en bonne allure dès qu'il se produit des fontes grenues, et que celles-ci sont ordinairement caverneuses dans la Prusse rhénane, tandis que dans les trois autres contrées les fourneaux sont alors en bonne allure encore.

Les minerais de l'arrondissement de Wassy ne sont pas manganésifères, leur grande fusibilité et leur facile réduction paraît provenir de ce que ce sont des hydroxides de fer et d'alumine, sans sili-

cate de fer en proportion notable, formant des grains oolitiques très-riches en fer, et agglomérés par une faible proportion d'une gangue argileuse. On n'y ajoute que peu ou point de fondant (castine ou sable siliceux, dit Erbue); ils rendent jusqu'à 45 p. o/o de fonte, avec une consommation de $5^{m.c.}$,50, ou 1.100 kil. au 1.000 kil. de fonte blanche, et de $6^{m.c.}$,27 ou 1.250 kil. pour la fonte grise. Il paraît que ce sont l'alumine et la chaux qui remplacent ici le manganèse, pour donner la fusibilité convenable au laitier, aussi contiennent-ils jusqu'à 25 p. o/o de chacune de ces deux substances. La fonte de cette contrée n'est jamais miroitante, et les fontes blanches deviennent truitées ou grises dès que l'on diminue la charge en mine, sans prendre dans le passage la texture lamellaire. En outre, ces minerais sont toujours un peu phosphoreux.

Il est bien probable que dans les contrées où l'on peut se procurer, à un prix modéré, du minerai de manganèse et du minerai de fer hydraté ou carbonaté, riche ou non réfractaire, et exempts de substances nuisibles, on pourrait fabriquer avec avantage des minerais artificiels propres à la production d'une fonte donnant par l'affinage un acier naturel de très-bonne qualité. A cet effet, on mélangerait ensemble, dans des proportions convenables, les minerais de fer bien lavés et ceux de manganèse avec la castine ou l'argile nécessaires à produire un laitier très-fusible, et l'on bocarderait le mélange à sec. Les produits du bocardage seraient humectés et pétris, ainsi que le propose M. Berthier, avec du fraisil ou de la sciure de bois, et découpés en briquettes, pour être séchés ensuite, ou, ce qui serait mieux encore, gril-

lés à un feu réductif ou du moins non oxidant. Les frais de cette préparation ne seraient pas fort considérables, et il y a lieu de croire qu'ils se trouveraient compensés par la plus-value de la fonte que l'on obtiendrait de ces minerais artificiels, car ils devront donner facilement, en bonne allure de fourneau, des fontes blanches, riches en manganèse, peu siliceuses, suffisamment carbonées, et dépourvues de matières nuisibles, en sorte qu'elles seraient éminemment propres à la fabrication d'un acier naturel d'excellente qualité, et qu'elles auraient, par conséquent, une valeur bien plus grande que les fontes grises les plus estimées.

Le résultat de ce procédé semble devoir être d'autant plus avantageux, que le minerai artificiel sera nécessairement plus fusible que les minerais naturels, à cause de sa composition et du mélange intime de la mine et des fondants, et que l'emploi du fraisil et des sciures de bois, comme réductifs, devrait économiser une certaine proportion de charbon dans le fourneau, et assurer la réduction complète du minerai, dans le cas surtout où l'on emploirait le charbon roux ou le bois desséché, en sorte que la préparation de ces minerais artificiels devra procurer une économie en combustible assez marquée.

Les scories d'affinage des aciéries où l'on affine des fontes manganésées pourraient être employées avec avantage dans la fabrication de ces minerais artificiels, lors même que les fourneaux seraient assez éloignés des aciéries, parce que leur transport se ferait par le retour des voitures amenant la fonte, en sorte qu'il ne serait pas fort coûteux. Bien que ces scories renferment le manganèse à

l'état de silicate; on peut cependant espérer qu'elles produiraient des fontes manganésées parce que les matières réductives que contiendraient ces minerais artificiels et le grillage non oxidant qu'ils subiraient faciliteraient beaucoup la réduction du manganèse; on a vu d'ailleurs que, dans la Prusse rhénane, l'addition de laitiers riches en manganèse, fait un bon effet dans les fourneaux lorsque les minerais ne sont pas assez riches en manganèse.

(5) Leur prix de vente à Coblentz et à Cologne était, en 1836, de 23 fr. à 23 fr. 30 c. les 100 kilogrammes; tandis que celui des fontes grises des mêmes fourneaux n'était que de 17 fr. 75 cent., et que l'on pouvait avoir alors dans la Bavière rhénane, auprès des frontières de France, des fontes grises de même qualité pour la fabrication du fer au prix de 15 à 16 fr.

(6) On conçoit très-bien que le manganèse doit faciliter la production de l'acier, et que l'absence du manganèse doit avoir pour résultat de produire un acier ferreux : car, par sa tendance plus grande que celle du fer à former un silicate, il doit faciliter le départ du silicium, pour produire un silicate de manganèse, celui-ci se produit donc plus facilement dans l'affinage que le silicate de fer; M. Berthier a trouvé en outre que ce silicate n'a pas de réaction sur la fonte, pendant que le silicate de fer en a une très-marquée, les scories des fontes riches en manganèse ne doivent donc guère enlever de carbone à la fonte, tout en exerçant une action très-puissante pour la débarrasser de son silicium, tandis que si elles n'étaient composées que de silicate de fer, leur action décarburante serait trop forte.

(7) Dans les aciéries de la Moselle, on emploie les fontes rubanées, ou bien un mélange de fonte miroitante et de ferraille.

(8) Dans le département de la Moselle, cette consommation paraît être de 140 kilo. de fonte rubanée, et de 300 kilo. de charbon environ.

Le mode d'affinage est le même dans ces deux pays; il a été introduit de la Prusse rhénane dans la Moselle; c'est à peu près le même que celui que l'on emploie pour faire de l'acier brut avec les fontes grises; mais comme la fonte blanche demande une moindre chaleur pour se fondre, et s'épaissit plus tôt que la fonte grise, M. Karsten pense qu'il en résulte un produit plus égal et un affinage plus prompt. Dans les aciéries des Vosges, où l'on emploie le plus souvent de la fonte grise de la Haute-Saône, on obtient des aciers d'une qualité bien inférieure et bien plus inégale que celle des aciers provenant de fonte miroitante; aussi les prix de vente des uns et des autres étaient de 84 et de 100 francs les 100 kil. dans ces usines en 1836.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

Sur M. Malinvaud, *ingénieur au Corps royal des mines;*

Par M. F. LE PLAY, Ingénieur des mines.

Il y a plus de dix-huit mois que le corps des mines a perdu en M. Malinvaud, l'un de ses membres les plus jeunes et les plus dévoués au bien public : en venant aujourd'hui rappeler les principales circonstances de sa vie, nous avons la certitude d'exciter une profonde sympathie chez tous ceux qui l'ont connu. Nous sentons chaque jour plus vivement que la mémoire d'une âme aussi noble doit se conserver religieusement; et le pieux devoir que nous venons d'accomplir, en interrogeant les souvenirs de ses amis, nous en aurait, au besoin, fourni la preuve.

Jean-Firmin Malinvaud, né à Limoges, le 8 septembre 1807, commença à se distinguer par les brillantes études qu'il fit au collége royal de cette ville. Ses professeurs, ayant remarqué en lui une aptitude particulière pour les sciences mathématiques, l'encouragèrent à se présenter à l'Ecole polytechnique. Il y fut admis en 1826 après un premier examen, et pendant l'année même où il avait suivi le cours de philosophie au collége. Toutefois cette admission était un peu prématurée. Classé, à son entrée à l'Ecole, à l'avant-dernier rang de sa promotion, il reconnut d'abord avec

douleur qu'il était trop faible pour suivre les cours avec succès. Trois mois de travaux infructueux l'avaient presque découragé et sa carrière se fût trouvée ainsi fermée dès son début, s'il n'eût dès lors donné une première preuve de cette ardeur pour le travail, et de cette force de volonté qui signalèrent toute sa vie. Secondé par l'admirable organisation d'études qui est le principal secret et le moyen le plus puissant de l'éducation polytechnique, il s'appliqua sans relâche à trouver auprès de ses camarades les lumières que ne lui donnaient pas encore les leçons des professeurs; bientôt ces leçons n'eurent plus d'obscurité pour lui; peu à peu il se trouva en mesure de rendre à d'autres camarades, moins heureusement organisés que lui, le même secours qui avait donné l'essor à ses facultés. Au commencement de sa deuxième année d'études, il fut promu au grade de sergent ou chef de salle; il fut enfin classé au cinquième rang aux examens définitifs de sortie.

Ce succès lui permit de suivre la vocation que le séjour de l'École polytechnique lui avait révélée, et trois ans plus tard, il sortait de l'École des mines le premier de la promotion avec laquelle il avait été admis à cette école.

Les voyages scientifiques qu'il fit, en 1830 et en 1831, d'abord avec M. Baudin, puis avec MM. Baudin et Harlé, complétèrent son instruction théorique, et l'initièrent à la pratique de son art. Ses observations pendant le cours de ces deux tournées donnèrent lieu à deux excellents journaux de voyage, et à quatre Mémoires qui furent le prélude des travaux plus importants de sa vie d'ingénieur.

L'un de ces Mémoires fixa l'attention de la commission des Annales des mines, et fut publié dans ce recueil, en 1833, sous le titre de *Mémoire sur le gisement, l'exploitation et le traitement des minerais de fer de la vallée de l'Aubois (Cher)* (1). Il existait alors parmi les géologues des opinions fort différentes sur l'époque de la formation de cette prodigieuse quantité de minerais de fer en grains, en fragments et en rognons, connus généralement sous le nom impropre de *minerais d'alluvion*, qui recouvrent une partie notable du sol de la France, et alimentent la plupart de nos hauts-fourneaux. On était d'abord divisé sur la question de savoir si ces minerais appartenaient tous à une même formation ou se rattachaient à des formations différentes, et les partisans de la première hypothèse ne différaient pas moins sur la fixation de l'époque à laquelle il fallait rattacher ces dépôts, puisque leurs suppositions portaient sur toute la série des terrains compris entre la formation diluvienne et la partie supérieure des terrains jurassiques. Dans son Mémoire sur la vallée de l'Aubois, Malinvaud discuta toutes ces opinions avec la rectitude de jugement qui le distinguait, et qui est plus indispensable peut-être en géologie que dans toute autre branche des sciences naturelles. Ce mémoire ne contribua pas peu à fixer l'opinion généralement admise aujourd'hui qu'il existe, à la vérité, des minerais dits d'*alluvion* dans tous les terrains compris entre les alluvions modernes et les terrains jurassiques.

(1) *Annales des mines*, 3e série, tome IV, page 247.

mais que les minerais de la vallée de l'Aubois, et en général du Nivernais et du Berry, de même qu'une grande partie des minerais de fer de nos autres provinces, appartiennent à l'étage moyen des terrains tertiaires.

Devenu aspirant-ingénieur, Malinvaud fut chargé, à la fin de 1832, du service ordinaire de la Loire. Mais déjà, lors de son arrivée à Saint-Etienne, sa santé se trouvait gravement altérée : une attaque de choléra lui avait laissé une inflammation chronique de l'estomac que vint encore aggraver la perte douloureusement sentie d'une mère bien-aimée. Cependant les devoirs de sa nouvelle mission, à laquelle il se livra avec le zèle ardent qu'il apportait à tous ses travaux, firent d'abord une diversion utile à ses souffrances.

Les éminentes qualités du nouvel ingénieur de l'arrondissement de Saint-Etienne étaient déjà appréciées par les exploitants de ce riche bassin, lorsqu'une circonstance imprévue vint les mettre dans un jour plus évident. L'ingénieur en chef du département, M. Delsériès, ayant été obligé de quitter momentanément la Loire, le service de ce département fut confié par intérim à son jeune substitut. Sans s'effrayer de cette lourde tâche, ce dernier sut remplir ses nouvelles fonctions de manière à se concilier l'estime des exploitants. Il sut conserver avec eux les bonnes relations favorables à la marche du service, sans s'écarter de la consciencieuse rigidité de principes qui était l'un des traits saillants de son caractère.

Il montra cette fermeté, plus rare encore que la science et que le talent, lorsqu'il dut réclamer l'intervention de l'autorité judiciaire pour faire

fermer deux exploitations illicites, par lesquelles la sûreté de plusieurs habitations de la ville de Saint-Chamond se trouvait compromise.

A Rive-de-Gier, le voisinage d'une grande masse d'eau intérieure rendait dangereux les travaux d'une exploitation que l'on ne se hâtait pas assez d'abandonner. Malinvaud signala l'étendue du péril et décida le préfet à faire signifier aux concessionnaires la fermeture de leur mine. Au moment où cette notification recevait son effet, les faibles obstacles, qui avaient jusque-là protégé les travailleurs, cédaient tout à coup à l'effort des eaux, sans que l'on eût à regretter aucun accident; et notre camarade eut ainsi la satisfaction de prévenir l'une de ces catastrophes malheureusement si fréquentes dans les travaux souterrains.

Ce dernier accident, que le jeune aspirant avait su prévoir si habilement, n'était qu'un des cas nombreux que présentait alors l'arrondissement de Rive-de-Gier. Ce bassin houiller, l'un des plus riches de l'Europe continentale, voyait chaque année quelques-unes de ses exploitations, naguère florissantes, submergées par les eaux souterraines : et la plupart de celles qui restaient en activité se trouvaient menacées d'une invasion complète. Justement alarmée d'un état de choses qui résultait seulement de la négligence des exploitants et de leurs dissentions, l'administration qui ne disposait pas encore des pouvoirs que lui a conférés la loi du 27 avril 1838, voulut constater la cause et les progrès du mal et en trouver le remède. Afin de s'éclairer sur cette question qu'on pouvait appeler vitale pour la

région manufacturière de la France centrale, le directeur général des ponts et chaussées et des mines institua, en 1833, une commission composée de MM. Delsériès, Combes, Clapeyron, Malinvaud et de Sénarmont. Malinvaud prit une part active au beau et important travail que rédigea cette commission.

A la même époque, un événement déplorable vint lui ouvrir une nouvelle carrière. Notre malheureux camarade Jabin venait d'être tué, près de Saint-Etienne, sur le puits de la mine *Bérard* (1), et sa mort laissait vacante la chaire de chimie et de métallurgie à l'école des mineurs de Saint-Etienne. Malinvaud fut appelé à lui succéder. Rapprochement triste et frappant! Jabin, âgé seulement de trente-un ans, est enlevé à des fonctions qu'il aimait, par un événement aussi douloureux qu'imprévu; et quatre ans plus tard c'est une catastrophe semblable qui donne le coup de la mort à son successeur dans cette chaire qu'ils occupèrent si dignement l'un et l'autre.

Malinvaud avait pour la chimie une prédilection toute spéciale, et la possibilité de réaliser des expériences importantes dont il avait conçu le plan, doublait à ses yeux le prix de sa nomination à l'école de Saint-Etienne. Il reçut en même temps la nouvelle de sa promotion au grade d'ingénieur. Sa santé semblait s'être raffermie; et trois mois plus tard, en juin 1833, il épousa à Lyon Mlle. Camille Kerris, sœur de

(1) Voir la Notice nécrologique sur M. Jabin, *Annales des mines*, 3e série, tome III, page 703.

l'ingénieur de ce nom, attaché au corps des constructions navales. Son entrée, dans cette excellente famille, réalisa ses vœux les plus chers. Les éminentes qualités morales dont il était doué, et celles de sa compagne, lui firent trouver dans cette union le bonheur domestique, qui fut pour lui le plus grand de tous les biens.

Une mission importante ayant été confiée au professeur du cours de géologie, Malinvaud entreprit de le remplacer dans la plus grande partie de ses fonctions; et pendant toute la durée de l'année scolaire 1833-1834, il s'acquitta de sa double tâche avec une véritable distinction. Tous ceux qui l'ont vu exercer la carrière du professorat, ont admiré la méthode, la clarté et la précision de son enseignement. Une ardeur réfléchie, une sollicitude constante lui faisaient regarder ses fonctions, non seulement comme un devoir, mais comme une haute mission. Le temps qu'il ne passait pas dans sa chaire ou dans ses travaux de laboratoire, était consacré à compléter, par des instructions particulières, son enseignement public, aux dépens de son repos. Il recueillit du moins la plus douce récompense qu'il pût ambitionner. Le respect et l'affection de ses élèves, d'abord étonnés de sa rigidité, lui furent bientôt acquis; leurs progrès remarquables, constatés aux examens généraux, en présence de M. Beaunier, inspecteur général des mines, alors directeur de l'école des mineurs, lui valurent les éloges de ce digne appréciateur du vrai mérite.

Tout en se livrant à ces travaux, Malinvaud avait entrepris des essais comparatifs sur l'emploi

et les propriétés des houilles extraites des principaux bassins houillers de France : il avait fait construire un gazomètre, afin que les résultats, obtenus sur une grande échelle, fussent immédiatement applicables à l'industrie. Mais il ne devait pas recueillir le fruit de ses efforts. Un séjour trop prolongé dans son laboratoire, et surtout les fatigues du professorat avaient de nouveau profondément altéré sa santé : une irritation de larynx se déclara. Malinvaud s'en inquiéta peu d'abord et n'en continua pas moins son cours de chimie pendant une seconde année. Mais la maladie devint si grave, qu'en mars 1835, il fut forcé de renoncer à ses fonctions de professeur.

Cependant l'activité de son caractère ne lui permettait pas de se livrer au repos, quelque besoin qu'il en eût. Il ne voulait qu'un changement d'occupations, et M. le directeur général accéda à son désir en lui confiant le service de l'arrondissement de Châlons-sur-Saône.

Son séjour sous un climat plus doux que celui du département de la Loire, et surtout l'intérêt que lui offrait la richesse industrielle de son arrondissement minéralogique, réagirent d'abord favorablement sur sa santé : une amélioration momentanée eut lieu en octobre 1835; mais malheureusement ne consultant alors que son zèle pour ses devoirs, il s'exposa à des fatigues imprudentes. C'est ainsi que, dans l'intervalle des tournées longues et fréquentes qu'il faisait sur les mines de son arrondissement, il recevait avec empressement les exploitants qui n'avaient pas tardé à apprécier sa haute capacité, et l'utilité des conseils qu'il leur prodiguait avec un dévouement

dont ils gardent un reconnaissant souvenir : il ne voyait pas que ce professorat d'un nouveau genre ramenait à grands pas sa funeste maladie.

Mais un accident en dehors de toutes les prévisions vint en hâter le retour et lui imprimer un caractère bien plus grave.

En juillet 1836, Malinvaud visitait les mines d'Épinac. Désirant constater avec soin l'état d'entretien du puits *Curier*, il voulut se faire transporter par l'une des bennes servant à l'extraction, au lieu de descendre par les échelles, ainsi que cela se pratique ordinairement dans cette mine. Malheureusement la benne du fond, dont le mouvement est inverse de celle qui descend de l'orifice du puits, n'avait pas été décrochée, en sorte qu'au milieu du puits, à 300 pieds au-dessus du fond, elle accrocha celle qui contenait Malinvaud et le directeur de la mine. Le mécanicien troublé n'ayant point arrêté le mouvement de la machine, la benne descendante, toujours soulevée par l'autre, s'inclina jusqu'à devenir horizontale. A ce moment, notre malheureux camarade était complétement renversé : sa tête était prise entre la benne et les parois du puits; sa bouche fut alors fracassée; le crochet de sa lampe de mineur traversa sa lèvre inférieure et lui cassa une dent. Un instant après, les deux bennes se séparèrent enfin, mais d'une manière si brusque, que le câble, s'il n'eût été neuf, se serait infailliblement brisé. La benne, lancée par cette violente secousse, alla heurter plusieurs fois les parois du puits, et, dans ces mouvements précipités, Malinvaud eut encore

la main gauche blessée et le côté droit gravement meurtri.

Depuis lors, il ne recouvra plus même l'apparence de la santé, et il ne put s'empêcher d'ouvrir les yeux sur sa position. Cette funeste conviction perce dans les lignes suivantes par lesquelles il terminait le récit de cet événement adressé à M. le directeur général, qui le lui avait demandé avec un bienveillant intérêt.

« Tels sont, M. le directeur général, les détails » de cet accident : il a produit une réaction bien » défavorable sur la maladie dont je suis atteint ; » car, à partir de cette époque, j'ai commencé à » cracher le sang en plus grande abondance qu'au» paravant. »

Et cependant, ces lignes, il les écrivait au commencement de 1837, au retour d'un voyage au Creuzot, fait en décembre et janvier. Car, on n'avait pu, jusque-là, le décider à quitter tout à fait le service auquel tant de liens l'attachaient.

Il y fut enfin forcé ; mais à peine fut-il établi à Paris que les progrès du mal lui enlevèrent tout espoir de guérison. Il cacha d'abord cette cruelle conviction dans la crainte d'affliger sa famille et ses amis. Il continuait à recevoir les visites de plusieurs exploitants de Saône-et-Loire ; il aimait à conférer avec eux sur leur industrie, à leur donner ses conseils. Nous avons été témoin de l'empressement avec lequel ces conseils étaient recherchés, et de l'intérêt affectueux que lui montraient ceux des exploitants qui ont pu le voir dans ses derniers moments.

Il dut enfin déclarer à sa famille affligée que toute guérison lui paraissait impossible : soutenu par une piété digne de son caractère, il se résigna avec calme au renversement précoce de son bonheur et à la perte d'un avenir qui se montrait si beau. Son sacrifice le plus pénible fut de renoncer à la douce tâche d'élever lui-même deux fils jumeaux encore au berceau. Conservant jusqu'au dernier moment l'exquise sensibilité de son cœur, c'est lui qui, malgré les plus vives souffrances, exhortait sa femme chérie et sa mère adoptive à la résignation. Longtemps il voulut cacher à son père et à son frère, éloignés de lui, le danger de son état; obligé enfin de les désabuser, il consacra le reste de ses forces à leur écrire de touchants adieux.

C'est principalement pendant cette dernière période de sa vie que nous avons pu apprécier toute l'étendue de la perte dont nous étions menacés. Les facultés qui distinguaient éminemment Malinvaud étaient une pénétration vive et une grande rectitude de jugement, secondées par une mémoire tellement puissante que tous ceux qui, avec nous, ont partagé ses études, avouent n'en avoir jamais rencontré d'aussi remarquable. Il apportait à l'accomplissement de ses devoirs d'ingénieur une rigidité de principes qu'avaient rendue plus sévère encore les sentiments d'honneur puisés dans l'éducation polytechnique. Une douceur et une bonté qui ne se démentaient jamais donnaient à ses relations d'amitié un charme inexprimable, et toutes ces vertus de l'homme privé étaient rehaussées par une dignité de ca-

ractère qui conserva sans tache la candeur de son âme.

Une vie si pure, si bien remplie n'a duré que vingt-neuf ans ! Malinvaud est mort le 14 mars 1837, calme, résigné, dans un sommeil paisible, ainsi qu'il l'avait souhaité.

NOTE

A joindre à un mémoire relatif à l'emploi du bois dans les forges, inséré dans le tome XIII des Annales.

Dans un mémoire relatif à l'emploi du bois dans les forges, inséré récemment dans les *Annales des mines*, tome XIII, page 131, il a été donné quelques renseignements sur l'emploi du bois desséché dans les feux d'affinerie, tel que l'a imaginé et appliqué M. Gauthier, maître de forges à Montagnez (département du Doubs). M. Gauthier désirant que les maîtres de forges soient avertis qu'il a pris, pour ce procédé nouveau, un brevet d'invention, afin de s'en assurer la propriété, cette indication est insérée ici sur sa demande. S'il n'en a pas été parlé dans le mémoire, c'est parce que les *Annales des mines*, ne considérant dans les procédés nouveaux que la partie d'art, et restant en dehors de la question commerciale, s'abstiennent en général de toute mention de cette sorte.

COURS

De droit administratif appliqué aux travaux publics, ou traité théorique et pratique de la législation et de la jurisprudence, concernant : 1° l'organisation des travaux publics en France ; 2° l'expropriation pour cause d'utilité publique ; 3° les mines et dépendances, etc., etc.

Par M. COTELLE,
Professeur de droit administratif à l'École des ponts et chaussées (1).

Dans un régime de légalité et de publicité, tel que celui sous lequel nous vivons depuis plus de vingt ans, la confiance des justiciables, la considération des principaux officiers du gouvernement, enfin les intérêts publics et privés, tout réclame de ceux qui participent à l'exécution des lois, qu'ils en étudient fortement l'esprit, pour savoir suppléer même à leurs lacunes et à leur silence. A cet égard, les ingénieurs du gouvernement, classe trop instruite pour qu'elle puisse volontairement négliger une nouvelle source de lumières, n'ont eu, pendant longtemps, depuis même que leurs rapports et procès-verbaux sont livrés à la controverse devant le conseil d'état, d'autre école des lois et du contentieux que celle de l'expérience et des affaires, école dont les résultats sont toujours lents et incertains.

Lorsqu'il faut entrer dans le dédale des discussions juridiques sans être guidé par le flambeau

(1) Deuxième édition en 3 vol. in-8. Le premier volume est en vente chez Carilian-Gœury, libraire. Prix : 7 francs. Pour le recevoir, il faut s'engager à retirer les tomes II et III, qui sont sous presse.

de la théorie, quels tâtonnements, que de temps perdu en des recherches arides! Comment, sans règles certaines, apprécier les faits d'une manière sûre, ou observer avec assez d'exactitude des formes et des détails qu'on ignore?

C'est dans le corps des ponts et chaussées que le besoin d'une instruction méthodique et solide des lois et règlements du service s'est surtout fait sentir; enfin, en 1831, la direction générale a institué dans l'école pratique, à Paris, un cours de droit administratif.

La tâche imposée au professeur était aussi difficile que neuve. Elle fut confiée à un avocat aux conseils du roi, versé dans la connaissance des lois et règlements relatifs à ce service.

Les élèves entrèrent avec ardeur dans la voie des études qui allaient les initier à la partie contentieuse de leurs fonctions, et les mettre à même de porter dans la pratique des affaires administratives des connaissances qui leur avaient trop longtemps manqué.

L'essai de cet enseignement a été heureux. Le conseil général des mines, frappé des avantages qui résulteraient pour la science d'un enseignement semblable, a demandé que les élèves des mines fussent réunis à ceux des ponts et chaussées pour recevoir les mêmes leçons, et cette réunion a lieu maintenant dans l'amphithéâtre de l'École des ponts et chaussées.

Par une conjoncture qui s'accorde avec cette combinaison, M. Cotelle publie en ce moment une nouvelle édition du Cours de droit administratif, imprimé en 1835 et favorablement accueilli des jurisconsultes. Les matières qu'il y traite sont augmentées du double, et sans doute ce livre sera bientôt apprécié de toutes les classes d'ingé-

nieurs, comme embrassant la spécialité des travaux publics dans toutes ses parties.

Quoique cet ouvrage soit divisé en *livres*, et chaque livre en *théorèmes*, à l'instar d'un ouvrage de géométrie, les classifications d'un traité ne s'y montrent pas moins de manière à faire bien saisir l'ordre et l'enchaînement des matières.

Dans des *prolégomènes*, dont on n'aurait pas une idée exacte, si l'on pensait qu'ils fussent seulement à l'usage des jeunes gens sans initiation dans le langage des lois, on trouve des notions fondamentales qui sont largement et clairement exposées, telles que :

1° Le caractère obligatoire et l'autorité respective des lois, règlements, circulaires, arrêts du conseil, décisions des tribunaux, et de l'organisation administrative et judiciaire en France ;

2° L'organisation des travaux publics en France, c'est-à-dire l'origine, l'histoire, les rapports et la consistance légale des institutions concernant les ponts et chaussées, les mines, les chemins vicinaux, les constructions du gouvernement, les entreprises des compagnies, enfin, tous les moyens d'exécution, de science et de contrôle par lesquels la société exerce son action sur le développement des travaux qui intéressent la prospérité publique.

Les prolégomènes du cours de droit administratif, contenus dans trois livres, offrent une introduction indispensable pour ceux qui voudront entrer dans l'étude du droit administratif et de la spécialité des travaux publics par les principes.

L'auteur traite un grand nombre de points de droit public, jusqu'ici restés douteux, tels que la

force des anciens édits non enregistrés, des décrets impériaux qui ont excédé les limites de la puissance législative, les griefs dirigés contre la centralisation, l'autorité réglementaire du pouvoir central sur laquelle les conseils généraux ne doivent pas empiéter, le caractère distinctif du contentieux administratif et des matières non contentieuses, les règles de la procédure du conseil d'état à l'égard de beaucoup d'objets d'une utilité journalière, et qui sont traitées d'une manière neuve.

Quant aux matières formant la doctrine même sur laquelle M. Cotelle avait surtout mission de fonder son enseignement, nous emprunterons ici l'analyse qui en fut faite dans le *Moniteur*, lorsque la première édition de ce livre a été publiée.

« Le sujet est vaste. L'auteur traite des travaux publics sous le double point de vue de leur organisation et de leur conservation. Il montre d'abord l'administration acquérant des terrains, passant des marchés pour ouvrir des routes et des canaux, pour rectifier le cours des rivières, etc. Il expose les principes de la propriété et des obligations conventionnelles que les administrateurs et les citoyens doivent connaître, les uns pour diriger les travaux publics, les autres pour agrandir leurs domaines ou élever des bâtiments. Mais dans ces opérations diverses, l'administration rencontre souvent des obstacles sur lesquels l'intérêt général doit l'emporter.

» De là naissent et s'expliquent les lois spéciales qui ont pour objet de faciliter l'action du gouvernement dans les travaux publics, de la rendre énergique et sûre, de régler enfin la marche des affaires dans l'expropriation pour cause d'utilité publique, le desséchement des marais, l'exploi-

tation des mines, l'ouverture des routes, canaux, chemins de fer, etc. L'auteur s'est occupé ainsi, dans la première partie, des règles de la propriété et des obligations conventionnelles, mais d'une manière toute spéciale, dans leurs rapports et avec les opérations du gouvernement qui concernent l'organisation des travaux publics aux frais de l'état, et avec les opérations des compagnies exécutantes; car les propriétés particulières, créées en vue du produit des péages que les règlements d'administration publique autorisent, ou en vue d'autres bénéfices équivalents qui sont réglés par des traités, deviennent aussi des dépendances du domaine public, dès qu'elles ont été instituées; et à ce titre, un régime de surveillance spécial est nécessaire pour les conserver.

» La conservation des travaux publics forme la matière de la seconde partie de l'ouvrage.

» M. Cotelle fait voir de quelle manière l'administration procède pour atteindre ce but de conservation; les mesures qu'elle prend sont tour à tour domaniales, financières, administratives, etc. Il développe dans cet ordre, d'abord les lois et règlements concernant la grande voirie et ses accessoires, ensuite les règles relatives aux fleuves et rivières, aux canaux navigables, aux chemins de halage, aux bacs de passage, à la pêche fluviale, etc. Il montre comment les plus petites rivières et les canaux d'irrigation ou de desséchement sont soumis à des règlements d'administration publique dont l'objet est de diriger autant que possible l'usage des eaux, dans l'intérêt, soit de la navigation, soit de l'agriculture, soit des industries qui se servent des eaux courantes pour mettre en action toute espèce de machines. C'est ainsi

que la théorie des usines se rattache au système administratif de la conservation des rivières.

» L'ouvrage est divisé en dix-huit livres, classés suivant les idées de l'auteur. Chaque sujet, envisagé d'abord sous un point de vue rationnel et historique à la fois, offre la discussion des principes qui en sont la base. La législation apparaît à son berceau, puis on en suit les progrès jusqu'à son dernier état. Du domaine de la législation, l'auteur passe dans celui de la jurisprudence, en développant l'une et l'autre, et ne les confondant jamais.

» Des difficultés s'élèvent souvent sur la limite qui sépare les attributions du pouvoir judiciaire et celles de l'administration. La loi veut, avec raison, que ces attributions ne soient pas franchies. M. Cotelle s'attache à les définir et à caractériser les compétences. Son chapitre sur les *conflits* jette une grande lumière sur cette matière, si ardue et si controversée.

» L'ouvrage de M. Cotelle est écrit pour la jeunesse studieuse, pour les industriels, pour les ingénieurs, pour les administrateurs, et, en général, pour toutes les personnes qui ont des intérêts à discuter avec l'administration des travaux publics. L'auteur n'a pas entendu faire un livre qui remplaçât tous les ouvrages déjà publiés. Loin de là, il les indique toujours avec une attention scrupuleuse; seulement, venu après eux, il a pu ajouter beaucoup à ces notions premières; il a pu donner au sujet plus d'étendue, et le traiter sur un plan nouveau; il a pu examiner certains points de doctrine, et sur lesquels les opinions sont partagées; il l'a fait avec conviction et avec talent.

» Le *Cours de droit administratif* a paru à quelques personnes n'être point assez pratique. Peut-

être, en effet, l'auteur aurait-il dû le rendre un peu plus élémentaire, puisqu'il voulait en faire un livre à l'usage de tous; il n'est, du reste, personne qui ne trouve à profiter dans les discussions savantes du professeur. Si ce livre est quelquefois abstrait, il est toujours clair; les vues développées par l'auteur, ses théories, ses recherches, disons même ses méditations, ne lui font jamais perdre de vue qu'il a voulu à la fois être compris et être appliqué; car c'est dans l'application surtout qu'il faut placer le mérite d'un pareil travail. C'est ainsi que se distinguent, au milieu d'une infinité d'ouvrages consultés chaque jour avec fruit, les Traités de M. *de Cormenin* et de M. *Macarel*.

» La publication du *Cours de droit administratif* est un service rendu à toutes les personnes qui ont intérêt à connaître les diverses parties de cette juridiction dans ses rapports avec les travaux publics. Membre d'un ordre justement honoré, professeur à l'École des ponts et chaussées, M. Cotelle a su profiter de ce double avantage pour familiariser ses lecteurs avec les détails de l'administration, et pour exposer ses idées sur des matières qui offrent des sujets de profondes études aux esprits sérieux et réfléchis.

» Une juste renommée de savoir était depuis longtemps acquise au jurisconsulte. Le professeur a droit à la même estime et aux mêmes suffrages.»

(*Moniteur* du 22 septembre 1835, article de M. DE CHEPPE, chef de la division des mines.)

. . . .

Plus le suffrage que nous venons de reproduire était utile au livre de M. Cotelle, plus il a dû se montrer docile aux avis d'une critique éclairée.

M. de Cheppe observait, sur la matière des mines spécialement, que M. Cotelle ne s'en était

occupé qu'autant qu'elle se trouvait en relation avec quelque partie de son travail; qu'il n'avait point eu la prétention de faire un ouvrage complet sur une matière qui exigerait bien d'autres développements.

Dans la nouvelle édition, le sixième livre par lequel va commencer le deuxième volume, offrira un traité aussi complet que méthodique sur la loi du 21 avril 1810. Cet ouvrage, fruit des méditations d'un jurisconsulte, remplira le double but de mettre les lecteurs au courant du dernier état de la législation et de la jurisprudence, et d'asseoir sur des principes solides la solution des plus graves controverses relativement aux mines, minières, carrières et hauts-fourneaux.

M. de Cheppe témoignait aussi, en 1835, le regret de voir que l'ouvrage ne fût pas terminé par une table alphabétique. L'auteur en promet une très-étendue, et qui facilitera les rapprochements à faire entre beaucoup de matières qui ont des rapports intimes, telles que les formalités préalables à observer pour obtenir des concessions d'usines à eau, ou d'usines à feu, de dessèchements de marais, etc. Tout se tient dans l'ouvrage de M. Cotelle; toutes les matières y sont d'un égal intérêt pour l'administrateur, pour l'ingénieur des ponts et chaussées, pour l'ingénieur des mines, pour les ingénieurs civils et directeurs d'établissements fondés sur les concessions du gouvernement, ou qui ont des rapports avec les fleuves et canaux, les routes, les chemins vicinaux et l'administration en général.

JURISPRUDENCE DES MINES (1);

Par M. DE CHEPPE, chef de la division des mines.

MINES. — TRAVAUX DE RECHERCHES.

On a élevé la question de savoir si l'on doit exiger, pour donner suite à des demandes en concession de mines, que des travaux de recherches aient eu lieu par puits et galeries, ou s'il suffit de simples sondages, lorsque d'ailleurs ils ont constaté l'existence d'un gîte minéral.

La loi veut, comme la nature même des choses, qu'on ne procède à l'institution d'une concession que lorsque le gîte a été suffisamment reconnu. La circulaire du 31 octobre 1837 a eu pour but de rappeler les règles à cet égard ; mais on n'a point entendu prescrire d'une manière absolue, tel ou tel système de travaux pour les explorations. L'administration a la faculté d'admettre ceux qui lui paraissent de nature à fournir la preuve que la substance minérale, dont on a fait la découverte, se trouve dans de telles conditions de gisement qu'elle peut être utilement exploitée.

Dans plusieurs départements, notamment dans ceux de la Somme, du Pas-de-Calais et du Nord, des recherches de mines de houille au moyen de puits dits *avaleresses* et de galeries, ne peuvent s'effectuer qu'en y consacrant des capitaux considérables. Quoique la loi assure aux explorateurs, dans le cas où ils n'obtiennent pas la concession, des indemnités pour droit d'invention et pour les travaux qui seraient reconnus utiles, on conçoit cependant leur hésitation à se livrer à de semblables dépenses, surtout en présence des nombreuses difficultés que présente, dans certaines localités, l'établissement de puits, au milieu des ter-

(1) Une erreur d'impression s'est glissée à la page 767, ligne 19, du tome XIII de la 3e série (3e livraison de 1838); au lieu de *lettres de justice*, il faut lire *lettres de jussion*.

rains qui recouvrent presque toujours, sur une grande épaisseur, la formation houillère.

Bien que des travaux de recherches, qui consistent en ouvertures de puits et de galeries, soient plus propres que des travaux de sondages à conduire au but qu'on se propose, ceux-ci peuvent néanmoins procurer des documents suffisants, lorsqu'ils sont exécutés sur un diamètre convenable, en assez grand nombre et de manière à prévenir tout éboulemement des parties de terrains traversées.

Par les motifs qui précèdent et conformément à l'avis du conseil général des mines, M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, adoptant l'opinion du préfet du Nord, a écrit à ce magistrat le 4 septembre 1838, que rien n'empêche d'admettre des demandes en concession de mines de houille, lorsqu'elles s'appuient sur l'exécution préalable de travaux de recherches propres à faire apprécier si le gîte découvert est de nature à être concédé, soit que les travaux consistent en puits et galeries ou en sondages; qu'il faut seulement avoir grand soin que les preuves dont on a besoin pour procéder à l'instruction de ces demandes, soient bien acquises, et ne procéder aux affiches et publications qu'après que les ingénieurs les ont eux-mêmes recueillies.

MINES. — SURVEILLANCE DES TRAVAUX DE RECHERCHES.

La surveillance à exercer par l'administration, dans l'intérêt de la sûreté publique, s'étend sur les recherches de mines entreprises par les propriétaires du sol, dans leurs propres terrains, aussi bien que sur les travaux exécutés par un concessionnaire dans l'enceinte de sa concession.

La loi civile, au titre de la propriété, a posé le principe que le propriétaire du sol peut faire sous son terrain toutes les fouilles qu'il juge à propos, mais sauf les modifications résultant des lois et règlements relatifs aux mines, et des lois et règlements de police (art. 552 du Code).

Or, la loi du 21 avril 1810 a réglé à la fois, et ce qui concerne l'exploitation même des mines, et ce qui se rapporte aux recherches à entreprendre pour les découvrir. Par conséquent, bien

qu'elle ait laissé aux propriétaires ou à leurs représentants la faculté d'opérer des recherches de mines dans leurs terrains, elle n'a pas entendu les affranchir de la surveillance que nécessitent ces sortes de travaux. D'une part, il leur est expressément interdit d'établir une exploitation, s'ils ne sont pas concessionnaires, ou d'exécuter même des recherches si l'espace est déjà concédé, à moins que ces explorations n'aient pour but une autre substance que celle qui a fait l'objet de la concession. Il faut donc s'assurer que ces interdictions ne sont point enfreintes. D'autre part, l'administration est spécialement chargée de veiller à ce que les travaux des mines ne mettent pas en péril la sûreté publique, la vie des ouvriers : et par là, on ne doit pas seulement entendre les exploitations, mais aussi les recherches. L'article 50 de la loi, bien que le mot *exploitation* soit seul énoncé, s'applique bien évidemment aussi aux recherches, elles y sont, sans aucun doute, implicitement comprises. Cela ressort de la nature même des choses qui ne permettrait d'établir ici aucune différence, et de l'ensemble des décrets des 18 novembre 1810 et 3 janvier 1813, qui sont en quelque sorte des corollaires de la loi de 1810. L'article 18 du premier de ces décrets, notamment, veut que les ingénieurs dénoncent au préfet et au procureur du roi, *les travaux qui compromettraient la sûreté publique;* il ne fait à cet égard aucune distinction entre les exploitations et les recherches, entre un terrain concédé et celui qui ne l'est pas; il concerne également les uns et les autres.

Ces règles, qui importent à la conservation des hommes et des choses, peuvent trouver en beaucoup de circonstances leur application.

Ainsi, par exemple, d'après les articles 11 et 12 de la loi de 1810, le propriétaire du sol est libre de faire des recherches dans son propre fonds, dans les terres, dans les enclos qui lui appartiennent, de pratiquer des ouvertures à quelque distance que ce soit de son habitation. Il peut aussi conférer cette faculté à un tiers ; et si celui-ci est concessionnaire de la mine, il pourra, avec l'agrément du propriétaire, ouvrir des puits, des galeries, dans les lieux réservés par l'article 11. Mais il est clair que si ces travaux sont dangereux, s'ils compromettent la vie des ouvriers, la solidité de la surface, l'administration aura le droit de les interdire, de garantir l'explorateur ou l'exploitant des dangers auxquels,

par sa propre inexpérience, il expose lui, ses ouvriers et le public.

Dernièrement, un propriétaire, dans le département de la Nièvre, avait ouvert un puits de recherches sur son terrain. Ce puits, mal étayé, s'était écroulé et un ouvrier avait péri; l'ingénieur des mines se présenta pour inspecter les travaux, le propriétaire s'y refusa; il prétendit que comme il ne faisait que des recherches, qu'il ne sortait pas de sa propriété, il n'était soumis à aucune surveillance. Sur le rapport des ingénieurs qui exerçaient en cela une de leurs plus importantes attributions, le préfet ordonna la fermeture du puits, et enjoignit de ne reprendre les travaux, que lorsqu'il aurait été constaté qu'ils ne présentaient plus de danger. Ce magistrat ayant ensuite été informé que le danger avait cessé, permit au propriétaire de reprendre ses recherches en observant certaines précautions propres à garantir la sécurité des ouvriers; l'administration en approuvant les mesures prises par le préfet, l'a invité à continuer de faire inspecter ces travaux, et de tenir la main à ce que ce propriétaire se conformât aux prescriptions qui lui avaient été faites.

De même le préfet du Pas-de-Calais vient tout récemment de prendre un arrêté qui prescrit certaines mesures de sûreté pour des machines employées dans des travaux de recherches où l'on a eu à déplorer la mort de deux ouvriers.

En aucun cas, les règlements de haute police, de grande voirie, ne peuvent cesser de protéger les citoyens contre les entreprises imprudentes de l'intérêt privé. La police souterraine est une des parties et l'une des plus essentielles de ces règlements.

Mines. — Recherches. — Indemnités. — Compétence.

I. *Lorsqu'un propriétaire du sol, soit un particulier, soit une commune, consent à ce qu'un tiers exécute des recherches de mines sur son terrain, les différends qui peuvent s'élever entre eux pour le règlement des indemnités sont du ressort des tribunaux ordinaires.*

II. *Les conseils de préfecture sont appelés à prononcer sur les questions d'indemnités, quand, par le refus des propriétaires de laisser opérer les recherches, le gouvernement les autorise, en vertu de l'article 10 de la loi du 21 avril 1810; ou lorsqu'il s'agit d'indemnités à payer par un concessionnaire de mines pour recherches faites par des tiers, antérieurement à la concession, ou de travaux exécutés par le concessionnaire sur des terrains compris dans l'enceinte de sa concession.*

D'après la loi du 21 avril 1810, c'est aux conseils de préfecture qu'il appartient de régler dans les cas suivants les indemnités qui sont dues aux propriétaires du sol par les explorateurs ou les concessionnaires de mines :

1° Lorsque sur le refus du propriétaire du sol de laisser entreprendre des recherches, le gouvernement les autorise en vertu de l'article 10;

2° Quand il s'agit d'indemnités à payer par des concessionnaires pour recherches faites par des tiers antérieurement à la concession, conformément à ce qui est prévu par l'article 46;

3° Lorsqu'il est question de travaux qu'exécutent des concessionnaires sur des terrains compris dans l'enceinte de leur concession.

Ces divers cas ont été rappelés dans l'arrêté du ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, du 7 octobre 1837, qui a rapporté les dispositions de l'instruction ministérielle du 3 août 1810, où se trouvait à cet égard une interprétation inexacte de la loi (1).

Mais lorsque les recherches sont entreprises avec le consentement de ceux à qui le terrain appartient, alors les discussions d'intérêt qui peuvent s'élever entre le propriétaire du sol et celui qu'il a autorisé à fouiller dans son terrain rentrent dans le droit commun ; c'est aux tribunaux à statuer.

D'après l'article 10 de la loi du 21 avril 1810, les propriétaires du sol ont la libre faculté de faire des explo-

(1) Voy. *Annales des mines*, 3e série, tome XII, pag 672 et 702.

rations dans leurs propriétés, ou de conférer cette faculté à autrui. L'administration n'a point à intervenir, ou du moins elle n'a qu'une surveillance de police à exercer sur les travaux pour s'assurer qu'ils ne compromettent pas la sûreté publique ou qu'ils ne dégénèrent point en une exploitation, laquelle ne peut avoir lieu qu'après concession. Si donc, un propriétaire autorise un tiers à fouiller son terrain, et s'ils ne tombent pas ensuite d'accord sur le montant des indemnités, c'est à leurs juges naturels qu'il appartient de vider le différent. Le cas est absolument le même que celui où il s'agirait entre eux de tout autre travail qu'une recherche de mines. Ici point de permission ou de concession délivrée par l'autorité administrative, rien qui puisse rendre ces discussions d'indemnités du ressort du pouvoir administratif. C'est en vertu de son propre droit, qui dérive de la loi civile et qui lui a été réservé par la loi de 1810, que le propriétaire a autorisé ce tiers à entreprendre les recherches; s'il s'élève entr'eux des contestations, c'est devant le juge ordinaire, devant le juge indiqué par la loi civile, que le débat doit être porté.

Il en serait de même s'il s'agissait de recherches dans un terrain communal, mais entreprises avec le consentement de la commune. A la vérité, dans ce cas, le préfet et l'administration des mines sont intervenus, il y a eu une permission délivrée par le pouvoir administratif; mais le préfet a agi comme tuteur de la commune, pour régler en cette qualité l'exercice de la faculté qu'elle possède de permettre à un tiers d'explorer sa propriété; et quant à l'administration des mines, son concours n'est nécessaire, dans la circonstance qui nous occupe, celle où il y a consentement de la commune, que pour examiner si les conditions du traité sont convenables quant à l'exécution des travaux et à la sûreté publique. A cela près, la commune est absolument dans la même position que tout autre propriétaire qui permet à un tiers d'explorer à sa place. S'il y a désaccord entre elle et l'explorateur pour les indemnités, ce sera le tribunal du lieu qui devra les régler.

Ces principes ont reçu leur application dans une espèce récente.

Le conseil municipal de la commune de Cascastel, département de l'Aude, avait consenti à ce que MM. Paliopy et compagnie fussent autorisés à opérer des recherches de mines de plomb et de cuivre dans des terrains appartenant

à cette commune, et les parties avaient stipulé dans leur traité qu'en cas de désaccord pour les indemnités à payer, elles seraient fixées par des experts choisis par elles, ou nommés d'office par le tribunal.

Le préfet sanctionna ce traité et proposa d'accorder la permission ; seulement, dans son arrêté, il renvoyait au conseil de préfecture le règlement des indemnités.

La décision prise le 15 octobre 1838, par M. le ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, sur le rapport de M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, et conformément à l'avis du conseil des mines, a modifié cette portion de l'arrêté du préfet, et rétabli la clause stipulée par la commune.

On a considéré que le préfet peut sans doute, en vertu de la tutelle qu'il exerce, modifier les clauses d'une convention qu'un conseil municipal soumet à sa sanction ; que si une indemnité a été convenue entre les parties et qu'elle lui paraisse trop faible, il peut mettre pour condition que les explorateurs payeront à la commune une redevance plus forte ; ou encore, si cette redevance n'a pas été fixée, exiger que le traité la détermine. Ces objets sont entièrement de sa compétence, d'après la loi du 18 juillet 1837, sur l'administration municipale. Mais quant aux juridictions, elles sont de droit étroit, et l'on ne peut les décliner.

Il y a bien une certaine classe de travaux pour lesquels, quand les communes les font exécuter et lorsqu'il s'élève des contestations, les conseils de préfecture, d'après la jurisprudence du conseil d'état, sont appelés à statuer. Nous voulons parler des travaux, qui, par leur caractère, sont assimilés aux *travaux publics*, sont soumis à des adjudications, à des formalités spéciales. Quelques personnes avaient pensé qu'il fallait appliquer ici, par assimilation, la juridiction administrative. Mais il a été reconnu qu'on ne peut ranger dans ces sortes d'entreprises la simple convention par laquelle un conseil municipal consent à ce qu'un explorateur de mines fasse des recherches sur une propriété de la commune. Sans doute si une mine vient à être découverte, la commune pourra en profiter par suite de la concession qui sera instituée, de l'exploitation qui aura lieu. Sous ce point de vue, c'est bien, si l'on veut, une entreprise d'intérêt communal et

même d'utilité publique; mais relativement aux parties contractantes, la disposition momentanée que la commune accorde de son terrain à un tiers pour y opérer des recherches, n'est qu'un traité purement privé, semblable à celui qui serait fait pour la location d'un bois ou de tout autre bien. La commune n'agit point là autrement qu'un propriétaire ordinaire. Ces travaux de recherches ne sont pas ce qu'on appelle des *travaux publics*. On ne peut donner ce nom qu'à des travaux exécutés dans l'intérêt même des habitants, dont tous et chacun en particulier pourront faire usage, tels que l'établissement d'un chemin, d'une fontaine, la construction d'un édifice public, etc. Les recherches qu'entreprend l'explorateur, c'est dans son propre intérêt qu'il les exécute, dans l'espoir de devenir un jour concessionnaire s'il réussit à trouver un gîte minéral. La commune stipule avec lui que des indemnités lui seront payées pour prix de cette faculté qu'elle donne d'opérer les recherches; c'est une convention pareille aux autres contrats civils, et il n'y a nul motif pour soumettre un traité de ce genre à une juridiction exceptionnelle.

Une décision de M. le ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, du 9 février 1839, a, par ces motifs, consacré de nouveau la règle énoncée dans celle du 15 octobre 1838.

En rapprochant ces deux décisions de l'arrêté du 7 octobre 1837, on voit qu'il faut bien distinguer le cas où il y a concession de mine ou autorisation de recherches contre le gré du propriétaire, et celui où ces recherches se font d'un commun accord. La loi a voulu que dans les premières circonstances toutes les difficultés fussent décidées administrativement. Dans la dernière, au contraire, c'est aux tribunaux à prononcer. Par des considérations spéciales, le législateur a jugé avec raison que la juridiction administrative devait intervenir dans certains cas; mais précisément parce qu'il s'agit ici de modifications nécessaires aux règles ordinaires du droit commun, ces modifications doivent se renfermer strictement dans leurs spécialités.

Mines. — Travaux de recherches. — Redevances.

Le produit des travaux de recherches de mines, lorsqu'il n'y a point encore de concession, n'est point soumis aux redevances établies au profit de l'état.

La loi du 21 avril 1810 a assujetti les propriétaires de mines à payer à l'Etat une redevance fixe et une redevance proportionnelle au produit de l'extraction. C'est une imposition établie sur cette classe particulière de biens et qui est analogue aux autres contributions publiques.

Mais les mines ne devenant une propriété, ne pouvant être exploitées que lorsqu'elles sont concédées, il en résulte que ce n'est qu'à dater de la concession qu'elles sont passibles des redevances. La loi, d'ailleurs, l'indique formellement. C'est au titre des concessions, à la section qui concerne les obligations des propriétaires de mines, qu'elle traite de ce qui a rapport aux redevances; et par ces mots, *propriétaires de mines*, elle a partout entendu les concessionnaires; eux seuls pouvaient être ainsi désignés.

Le décret du 6 mai 1811, relatif à l'assiette des redevances fixe et proportionnelle, repose sur les mêmes bases. Toutefois, lorsqu'il fut question d'asseoir cet impôt, il existait un certain nombre de mines non concédées qui étaient en exploitation, qui fournissaient aux besoins du commerce, et dont les possesseurs, bien que sans titre légal, pouvaient invoquer en leur faveur d'anciens travaux, une longue jouissance, une sorte de transmission héréditaire. Il était juste de leur laisser le temps de se mettre en règle, de remplir les formalités nécessaires pour obtenir des concessions. Mais en tolérant leurs exploitations, on dut les soumettre aux mêmes charges que les concessionnaires, puisqu'ils étaient provisoirement admis à participer aux mêmes avantages. C'est ce que fit le décret du 6 mai 1811, dont les considérations que nous venons de rappeler forment le préambule. Il disposa qu'il serait dressé un tableau des mines exploitées sans concession régularisée ou sans aucune concession, et qu'elles seraient imposées aux redevances d'après la contenance superficielle du terrain qui aurait été provisoirement attribuée à l'exploitant, et proportionnellement à l'évaluation du produit

net. Ce fut une disposition transitoire, destinée à lier le régime ancien au régime nouveau qui ne devait plus admettre d'exploitation de *mines* sans concession.

La règle est donc en cette matière que la redevance fixe n'est due que pour les mines concédées, et la redevance proportionnelle que pour les mines concédées et qui donnent des produits.

Des travaux de recherches qui s'exécutent avant qu'une concession soit instituée ne sont point une exploitation. Ils ont pour objet de découvrir les gîtes renfermés dans le sein de la terre et qui ne pourront être exploités qu'en vertu d'une concession. Ils sont un préliminaire indispensable pour l'obtenir; ils n'en ont et ne peuvent en avoir encore les effets. Par conséquent, ils ne sauraient être sujets aux redevances.

L'explorateur, dans les fouilles auxquelles il se livre, est obligé pour les continuer, les déblayer, d'amener au jour une partie des substances minérales qu'il rencontre. A la rigueur, il n'a pas le droit d'en disposer; les mines non concédées n'appartiennent encore à personne. Cependant, comme ces substances, si elles restaient exposées à l'action de l'air, soit sur le carreau de la mine, soit sous des haldes, pourraient se détériorer en pure perte, on accorde quelquefois l'autorisation de les livrer au commerce. Nous avons expliqué ailleurs pourquoi la vente ne peut avoir lieu sans que l'administration l'ait autorisée. C'est une règle qu'il importe de maintenir (1). Cette permission de vendre est aussi pour l'explorateur un faible dédommagement de ses frais, un moyen d'encourager les recherches. Mais elle ne préjuge rien sur la concession à intervenir, elle ne donne point aux travaux le caractère d'une exploitation; au contraire, elle contient toujours la condition expresse que l'explorateur ne pourra entreprendre et exécuter que de simples recherches. Et s'il arrivait que sous le prétexte d'explorer le gîte on fît une exploitation, celle-ci serait immédiatement suspendue, comme illicite, en vertu de la loi du 27 avril 1838, qui donne à l'administration le pouvoir d'interdire tout travail entrepris contrairement aux lois ou aux règlements sur les mines.

Les explorations, même quand on autorise la vente de

---

(1) Voy. *Annales des mines*, 3e série, tome VII, page 597.

quelques quantités de minerai qui en proviennent, n'étant encore ainsi que de simples recherches, ne doivent point être assujetties aux redevances ; et vainement l'explorateur, pour se ménager plus tard une sorte de titre à la concession, ou parce qu'il prétendrait un droit quelconque de propriété sur la mine, voudrait-il se soumettre à payer ces redevances, on devrait s'y refuser jusqu'à ce que la question de propriété eût été résolue, et la concession instituée.

C'est d'après ces principes qu'il a été statué dans une espèce récente.

Madame de la Borde, qui est en instance pour obtenir une concession de mine de houille, sur le territoire de Fiennes, département du Pas-de-Calais, a demandé la permission de vendre le combustible provenant de ses travaux de recherches.

Les ingénieurs et le préfet ont proposé d'accueillir la demande, et tel a été aussi l'avis du conseil général des mines.

Parmi les conditions énoncées dans le projet de permission, se trouvait celle de payer des redevances à l'Etat. madame de la Borde avait déclaré se soumettre à cette obligation.

Sur le rapport du directeur général des ponts et chaussées et des mines, le ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce a, par une décision du 15 décembre 1838, autorisé madame de la Borde à livrer au commerce les produits de ses recherches, mais aux simples conditions d'usage et en supprimant la clause relative aux redevances.

On a pensé qu'il serait tout à fait contraire aux règles de la matière et à la nature des choses, qu'une pareille disposition fût admise pour des travaux de recherches; qu'en vain madame de la Borde s'était soumise elle-même au payement des redevances, se regardant comme concessionnaire en vertu d'anciens titres, et soutenant qu'il ne s'agissait que de délimiter une ancienne concession. La question n'était point là. Sans rien préjuger sur la prétention de madame de la Borde, on a considéré, quant à la redevance, que son refus était indifférent comme son adhésion, que des recherches qui précèdent une concession ne peuvent être assimilées à une concession, que l'on

ne doit point confondre des explorations préliminaires avec les travaux exécutés d'une manière constante par d'anciens concessionnaires ou exploitants, et dont le décret de 1811 s'est occupé avec toute raison.

S'il arrivait cependant que des travaux de recherches eussent pris une grande extension, que les produits obtenus fussent considérables, qu'on pût les regarder comme résultant, non plus de simples explorations, mais d'une exploitation réelle, que cette exploitation fût tolérée (bien qu'il n'y eût point encore de concession) en vue des besoins des consommateurs, qui seraient compromis si on la faisait cesser, alors on le conçoit, il pourrait y avoir lieu d'exiger le payement d'une redevance proportionnelle; et c'est ce qui a eu lieu en effet dans le département de la Loire. Mais ces circonstances sont bien différentes de celles qui nous occupent spécialement dans cet article, et qui repoussent l'application des mesures fiscales qu'il faut réserver pour les circonstances prévues par la loi. C'est dans les dispositions de la loi qu'on doit toujours se renfermer; Rien de moins, sans doute, mais aussi rien de plus.

Mines.

Assèchement des mines inondées;
Unité des concessions;
Direction des travaux;
Représentants des concessionnaires;
Amodiations; partages;
Travaux illicites et dangereux;
Retrait des concessions.

Voir ci-après, page 557, la loi du 27 avril 1838; et page 594, les instructions du 29 décembre 1838 pour l'exécution de cette loi.

MINES.

I. *La concession d'une mine comprend le gîte entier dans toute l'étendue du terrain concédé et dans toute son épaisseur.*

II. *La faculté que la loi du* 28 *juillet* 1791 *laissait aux propriétaires du sol de jouir des mines situées sur leurs terrains et qui pourraient être exploitées jusqu'à cent pieds de profondeur, a été complétement abrogée par la loi du* 21 *avril* 1810.

La nature des mines, l'intérêt de leur aménagement, tout exige qu'elles soient des propriétés distinctes de celles de la surface, que le gouvernement les institue en choisissant le concessionnaire, en lui imposant les conditions propres à assurer une exploitation constante et régulière.

Ce principe que la législation actuelle consacre explicitement ne ressortait pas avec la même évidence de la loi du 28 juillet 1791; il s'y trouve mêlé avec d'autres systèmes contraires. Ainsi, tandis que l'article 1er déclare que les mines sont à la disposition de la nation, ce même article laisse aux propriétaires de la superficie la faculté de les exploiter jusqu'à cent pieds de profondeur.

Les inconvénients d'un pareil mode ne tardèrent pas à se manifester. Il était impossible au concessionnaire de diriger les travaux conformément aux règles de l'art, si le propriétaire du sol restait maître de la tranche supérieure, s'il pouvait la percer, la morceler par des extractions superficielles.

On chercha donc bientôt à y remédier; une instruction du ministre de l'intérieur, du 18 messidor an IX (7 juillet 1801), déclara que les propriétaires de terrains étaient aussi obligés, pour exploiter même jusqu'à cent pieds de profondeur, d'obtenir l'autorisation du gouvernement. On alla plus loin : il fut admis que la réserve qui leur était laissée par la loi de 1791 devait cesser d'avoir son effet dès l'instant où la mine était concédée à un tiers. Plusieurs concessions instituées sous l'empire de cette loi attribuèrent aux concessionnaires la possession et la jouissance exclusives de tout le gîte situé tant souterrainement que superficiellement dans les limites de l'étendue concédée.

La loi du 21 avril 1810 a établi à cet égard un ordre de choses définitif et régulier. Elle a distribué les masses de substances minérales ou fossiles renfermées dans le sein de la terre, ou existantes à sa surface, sous les trois qualifications de mines, de minières, de carrières. Les mines n'ont pu desormais être exploitées, qu'en vertu d'une concession; toute latitude a été donnée au gouvernement pour choisir le concessionnaire, et l'article 7 a disposé que l'acte de concession, fait après l'accomplissement des formalités prescrites, purgeait en faveur du concessionnaire tous les droits des propriétaires de la surface. En même temps il a été réservé à ces derniers une redevance sur le produit de la mine, et des indemnités pour les dégâts qui seraient commis sur les terrains par les travaux d'exploitation.

Ainsi, il est bien certain que, d'après la loi de 1810, la concession d'une mine comprend le gîte tout entier dans toute l'étendue du territoire concédé, et dans toute son épaisseur, sans autre restriction que celles qui sont indiquées en l'article 11, relativement aux ouvertures de travaux dans le voisinage des habitations ou de clôtures murées, et sauf d'ailleurs les dispositions spéciales qui, aux termes des articles 59 et suivants et de l'article 69 de la même loi, régissent les minerais de fer.

Voici une décision qui a été rendue conformément à ces principes.

Une ordonnance royale du 27 août 1823, a concédé à MM. Raclet et Lachaume, une portion des mines de manganèse dites de la Romanèche, dans la commune de ce nom, département de Saône-et-Loire.

Des propriétaires du sol, MM. Berger, Vernay et consorts, adressèrent au préfet une pétition tendant à ce qu'il fût fait défense aux concessionnaires d'exploiter à une profondeur moindre que 33 mètres ou de 100 pieds au dessous de la surface.

Le préfet rejeta leur réclamation.

Ils se pourvurent devant le ministre de l'intérieur; et dans leur requête ils s'appuyaient sur l'article 1er de la loi du 28 juillet 1791, lequel, disaient-ils, n'avait pas été abrogé par la loi de 1810. Ils ajoutaient que l'on devait nécessairement conserver aux propriétaires du sol une certaine partie du *tréfonds*, et la fixer de manière à ce

qu'ils pussent exercer tous les droits inhérents à la propriété, tels que culture, plantation, construction des édifices.

Une décision du ministre, du 13 janvier 1827, a déclaré non recevable cette requête et a approuvé l'arrêté du préfet (1).

On a considéré que l'exploitation régulière des mines exigeait que le concessionnaire le fût de tout le gîte compris dans l'étendue du terrain concédé; que c'était précisément dans l'intérêt de leur bonne exploitation, et afin de remédier à l'insuffisance, prouvée par l'expérience, des dispositions de la loi de 1791, que la loi de 1810 avait posé le principe que les concessions de mines purgeaient tous les droits des propriétaires. Le concessionnaire est tenu, aux termes des articles 43 et 44, de payer à ces propriétaires, pour les dégâts causés à la surface, des indemnités qui, si les travaux ne sont que passagers et si le terrain peut être remis en culture au bout d'un an, sont réglés au double de ce qu'aurait produit net la partie endommagée. Si l'occupation dure plus d'une année, ou doit rendre le sol impropre à la culture, il peut être forcé d'acquérir le terrain. Tous les intérêts sont ainsi conciliés, autant que le permettait la nature des choses. La nécessité de souffrir l'exploitation des mines situées dans leurs fonds, dès qu'elles sont concédées, est une servitude imposée par la loi aux propriétaires dans des vues d'utilité publique, servitude en compensation de laquelle de justes dédommagements leur sont alloués. Ils ne peuvent s'y soustraire et empêcher le concessionnaire d'exploiter la portion du gîte existant près de la surface. La mine entière lui appartient; l'intention de la loi de 1810 et ses dispositions sont formelles sur ce point.

Des questions assez délicates pourraient à la vérité s'élever dans la pratique, si par exemple, un propriétaire voulant bâtir sur son terrain, trouvait au-dessous des travaux d'exploitation qui l'empêcheraient d'asseoir solidement, et par conséquent de construire son édifice. Serait-il contraint de subir cette nécessité sans dédommagement? Il nous semble que, dans ce cas, il faudrait appliquer les règles qu'indique l'équité et qui déterminent les droits respectifs des propriétés qui sont en contact l'une avec l'autre,

(1) Déjà, en 1826, le conseil général des mines avait eu occasion d'examiner cette question au sujet de la mine de fer de la Voulte (Ardèche), concédée avant la loi de 1810, et il avait donné la même solution.

que le propriétaire du sol, dont le droit est essentiellement antérieur à celui du concessionnaire de la mine, pourrait obliger celui-ci à exécuter les ouvrages de consolidation qui seraient reconnus indispensables, ou bien le forcer à acquérir le terrain par application de l'article 44 de la loi du 21 avril 1810 relatif aux cas où la privation de jouissance pour le propriétaire dure plus d'une année et s'oppose à la culture des terres. Quoi qu'il en soit de cette question ainsi que de celles du même genre qui peuvent se présenter dans la pratique, et dont la solution, relativement à chaque espèce, doit nécessairement dépendre des circonstances, il n'en reste pas moins constant que, sous la législation actuelle, la concession d'un gîte minéral comprend le gîte entier dans la profondeur et à la surface, et que toute prétention contraire qui s'appuierait sur la loi de 1791 serait absolument sans fondement.

Tout récemment, et dans un procès qui s'agite entre les concessionnaires de la mine d'asphalte de Seyssel et des propriétaires de la surface, un jugement du tribunal de Belley a repoussé une prétention de cette nature élevée par les propriétaires. Il a considéré « que lors même que » la concession a eu lieu sous l'empire de la loi de 1791, » la réserve en faveur des propriétaires a été positivement » abrogée par la loi de 1810 qui a formellement exprimé » que toutes les mines étaient la propriété de la nation, et » qu'aucune d'elles ne pouvait plus être exploitée sans con- » cession, sans distinction de celles qui pourraient être à » la surface, ni des parties qui pourraient exister à une » profondeur de cent pieds; que cette loi a établi un » mode et une législation nouveaux, et a accordé aux con- » cessionnaires antérieurs des droits plus étendus que ceux » que leur conférait la loi de 1791; que cette loi étant du » nombre de celles qu'on appelle d'ordre public et de police, » régit tous les actes qui lui sont postérieurs et peut » modifier les droits et réserves qui auraient été attribués » par des lois antérieures, sans pour cela leur donner au- » cun effet rétroactif, et qu'ainsi les SS..... ne peuvent » plus se prévaloir de la réserve portée dans l'article Ier de » la loi du 28 juillet 1791, qui se trouve abrogée. » Ce débat soulève d'autres questions fort graves, étrangères à celle qui est l'objet de cet article; mais nous avons pensé qu'il était utile de citer une décision qui est à cet égard très-bien motivée Nous avons seulement une observation

à faire quant à l'assertion que la loi de 1810 *a formellement exprimé que les mines sont la propriété de la nation.* Cette loi s'est bien gardée de le dire, et c'est un tort peut-être. Les longues discussions qui l'ont précédée témoignent de l'embarras où l'on s'est trouvé pour concilier l'art. 552 du code civil avec la création de cette propriété nouvelle de la mine dont le gouvernement allait investir un tiers en vue de l'intérêt général. Cet article semblait lui-même laisser toute latitude pour la solution, puisqu'il énonçait des restrictions relativement aux mines. Cependant on ne voulait point proclamer le droit de l'état, on ne voulait pas non plus reconnaître d'une manière absolue le droit du propriétaire du sol, et alors on arriva à un système mixte, lequel, d'une part, charge le gouvernement de faire la concession, non pas en vertu de la domanialité (1), mais comme exerçant ici la haute mission qui l'appelle à veiller aux intérêts généraux de la société, et d'autre part, attribue au propriétaire de la surface, qu'on dépossède sans en vouloir convenir, et qu'on a raison de déposséder, une indemnité représentative de cette dépossession très-réelle. De quelque principe, au surplus, qu'on veuille faire dépendre la disposition en vertu de laquelle les mines ne peuvent être exploitées qu'en vertu de permissions accordées par le gouvernement, le résultat auquel il fallait arriver est obtenu ; et la loi de 1810, dégagée des théories sur lesquelles on l'a fondée, est arrivée à la meilleure des solutions. On a bien fait de ne pas laisser les mines à la disposition des propriétaires de la surface ; et d'un autre côté, comme on leur a reconnu un droit sur le produit des mines concédées, il faut faire en sorte qu'ils trouvent dans l'exercice de ce droit les avantages qu'on a entendu stipuler pour eux. Ces questions dont nous ne parlons ici qu'incidemment, mériteraient un examen approfondi. Nous y reviendrons peut-être quelque jour.

MINES. — TRAVAUX SOUS LES LIEUX HABITÉS.

I. *La disposition de la loi qui interdit de pratiquer des ouvertures de mines à une certaine distance*

---

(1) Le domaine de l'état est si peu propriétaire des mines, qu'il a fallu, en 1825, que la concession des mines de sel gemme, dans dix départements de l'est, lui fût faite, *conformément aux dispositions de la loi du* 21 *avril* 1810, en exécution de la loi spéciale du 6 avril 1825.

des lieux clos ou habités (sans le consentement du propriétaire du sol), n'empêche pas d'y poursuivre souterrainement les couches ou filons : il suffit que l'orifice des travaux se trouve à la distance prescrite.

II. *C'est à l'autorité administrative qu'il appartient d'autoriser l'exécution de ces travaux, ou de s'y opposer s'il est reconnu qu'ils pourront occasionner quelque danger.*

III. *Quand des concessions sont instituées, on ne peut, par voie de mesure générale, leur circonscrire un rayon que les travaux ne devront point dépasser. Il est nécessaire que chaque demande qui est présentée par un concessionnaire, pour explorer ou exploiter une portion de sa concession, soit l'objet d'un examen particulier et d'une décision spéciale.*

L'article 11 de la loi du 21 avril 1810 a fixé une distance, qui est de 100 mètres, au delà de laquelle les travaux de recherches entrepris par un explorateur, en vertu d'une autorisation du gouvernement donnée conformément à l'article 10, de même que les travaux d'exploitation exécutés par un concessionnaire dans sa concession, ne peuvent être approchés des habitations ou enclos, sans le consentement formel du propriétaire.

Cette disposition ne concerne toutefois que les ouvrages apparents à la surface, tels que l'établissement de machines ou magasins, des sondages, des ouvertures de puits ou de galeries. Les expressions mêmes de l'article l'indiquent. Par conséquent pourvu que l'ouverture des travaux soit à la distance prescrite, il n'est point interdit de les poursuivre souterrainement au-dessous des enclos et des habitations. C'est encore ce qui résulte positivement de l'article 15, puisque ce dernier article prévoit le cas où ces travaux seront portés sous des maisons ou lieux habités, et que, dans cette prévision, il assujétit le concessionnaire à donner alors caution de payer tout dommage.

En effet, l'exploitation des mines aurait été fréquemment arrêtée, serait devenue souvent même impossible, si chaque maison, chaque enclos à la surface eût été comme une barrière que le mineur à la poursuite des filons n'eût pu franchir. L'intérêt des propriétaires du sol n'exigeait pas une sem-

blable restriction, du moins d'une manière absolue; c'était assez de prohiber les ouvertures dans le voisinage de leurs habitations. Des travaux sous un sol habité n'entraînent pas nécessairement des dangers; on peut généralement, d'ailleurs, prévenir tout péril en prenant les précautions nécessaires. Il suffit que l'autorité interdise ces travaux dans le cas où il est reconnu que ces précautions seraient insuffisantes pour empêcher les accidents. Tous les intérêts se trouvent ainsi garantis.

C'est du reste à l'administration qu'il appartient d'apprécier à cet égard la situation des choses dans chaque circonstance, et de donner ou de refuser les permissions. Le renvoi devant les tribunaux, dont parle l'article 15, ne concerne que les contestations qui s'élèveraient au sujet de la caution à fournir par le concessionnaire, et des indemnités à payer. Il est du ressort de l'autorité administrative seule de juger de ce que réclament les besoins d'une exploitation, des ouvrages d'art et de consolidation qui seront nécessaires. C'est au préfet que les règlements sur la police des mines donnent le droit d'autoriser, modifier, ou rejeter, sur le rapport des ingénieurs, les projets de travaux à entreprendre dans une concession, sauf le recours des parties intéressées devant le ministre. Et quant aux recherches qu'un explorateur demande à entreprendre dans le cas prévu par l'article 10, c'est encore l'autorité administrative qui, aux termes de cet article, délivre, s'il y a lieu, la permission, et détermine en même temps les terrains sous lesquels ces recherches pourront pénétrer sans inconvénients.

Telles sont les règles de la matière. Ainsi, toutes les fois qu'une concession s'étend sous une ville, sous des habitations ou édifices, les travaux projetés ne peuvent s'exécuter qu'en vertu d'une autorisation spéciale du préfet, donnée, sur le rapport des ingénieurs des mines, après que le maire, le conseil municipal et les propriétaires intéressés auront été entendus, et après que les concessionnaires auront donné caution de payer l'indemnité exigée par l'article 15 de la loi du 21 avril 1810. Les contestations relatives soit à la caution, soit à l'indemnité, doivent être portées devant les tribunaux et cours, conformément audit article.

L'autorisation d'exécuter les travaux peut être refusée par le préfet, s'il est reconnu que l'exploitation soit de nature à compromettre la sûreté du sol, celle des habitants ou la conservation des édifices.

L'espèce suivante a donné lieu de faire particulièrement l'application de ces principes.

La concession des mines de houille de Beaubrun, dans le département de la Loire, s'étend sous une partie du territoire de la commune de Saint-Etienne; et l'ordonnance, en date du 10 août 1825, qui a institué cette concession, contient les dispositions que nous venons d'indiquer.

Au mois de septembre 1836, les concessionnaires ont demandé la permission d'entreprendre des travaux au quartier Sainte-Barbe.

Le conseil municipal de Saint-Etienne a formé opposition.

Le préfet, après avoir consulté les ingénieurs des mines, a permis l'exécution de ces travaux, consistant en un puits incliné sur l'un des affleurements de la couche, et en un autre puits vertical pour atteindre les gîtes dans la profondeur.

Des habitans de Saint-Etienne se sont pourvus en annullation de la permission. Ils représentaient que la sûreté du sol pourrait être compromise, que la crainte causée par ces excavations souterraines empêcherait l'extension que prennent chaque jour les faubourgs de la ville.

Le préfet a pensé que cette réclamation n'était pas fondée ; il a conclu, ainsi que l'ingénieur en chef, au maintien de l'arrêté. Toutefois ce magistrat envisageant quels pourraient être les effets d'exploitations entreprises sous le sol de Saint-Etienne, et y voyant un sujet d'appréhensions pour les habitans, était d'avis d'adopter en principe la prohibition des fouilles dans ce territoire, et de faire tracer un rayon qu'elles ne pourraient point franchir.

L'affaire a été examinée en conseil général des mines.

La proposition d'interdire toute exploitation sous la ville de Saint-Etienne n'a pas paru de nature à être adoptée. On a considéré que les concessionnaires étant assujettis à n'entreprendre aucune de ces fouilles sans une permission formelle de l'autorité, et ces permissions n'étant données qu'après qu'il a été constaté, par un examen des lieux, qu'elles n'offriront point de dangers, il ne pouvait y avoir de la sorte aucun inconvénient. La loi, d'ailleurs, ne défendant point d'exécuter des travaux de mines sous des lieux habités, pourvu que leur ouverture soit pratiquée à la distance voulue, on ne saurait prononcer ainsi une interdiction absolue. Ce n'est pas par voie de mesure gé-

nérale, mais par des décisions pour chaque affaire, qu'il convient de statuer en pareilles circonstances. Adopter en principe la mesure proposée, c'eût été modifier les limites des concessions. Sans doute, lorsqu'il s'agit d'instituer une concession, le gouvernement est parfaitement libre d'en fixer l'étendue selon qu'il le juge le plus convenable, de la circonscrire de manière à ce que les travaux ne pénètrent pas sous une localité dont, par quelque motif, on veut les tenir éloignés; mais quand elle est instituée, on ne peut plus la restreindre que du consentement des concessionnaires. Tout le gîte situé au-dessous de l'espace qu'embrasse le périmètre qui leur a été assigné, est leur propriété ; et aux termes de l'article 7 de la loi du 21 avril 1810, ils ne peuvent en être privés que par suite d'une expropriation qui serait faite pour cause d'utilité publique. Ce serait donc à une expropriation qu'il faudrait recourir, et l'on ne pourrait procéder par simple mesure administrative. Le seul pouvoir qu'ait ici l'administration, c'est quand elle a vérifié que des travaux sur l'un des points d'une concession seraient dangereux, de refuser la permission de les exécuter, parce qu'alors elle agit en vertu de la loi même qui lui a conféré ce pouvoir, et que pour entreprendre ces travaux, le concessionnaire est obligé de demander une permission, laquelle peut ne pas lui être donnée. Dans ce cas, l'acte qui les lui interdit n'est que l'exécution des règlements auxquels il est soumis. Mais de toute manière, pour être légitime, il faut que l'interdiction soit fondée sur la réalité d'un danger vérifié, reconnu ; et le concessionnaire a le droit d'exiger que cette réalité soit constatée pour chaque partie du gîte qu'il veut atteindre, qu'on ne le prive pas, par une disposition générale et appliquée indistinctement à un groupe de concessions, d'un champ d'exploitation qui lui appartient.

Quant aux travaux des concessionnaires de Beaubrun, autorisés par le préfet de la Loire, et qui, du reste, ne constituaient pas encore une exploitation, ne consistaient qu'en travaux préparatoires, leur ouverture au jour était située bien au delà de cent mètres de toute habitation ; ils se trouvaient tout à fait à l'extrémité de la ville, sur une colline qui, à l'exception de quelques maisons éparses, n'offre que des champs cultivés, et que ses versants abrupts, son accès difficile rendent peu fréquentée. Enfin il résultait des vérifications faites avec le plus grand soin par

les ingénieurs, qu'ils ne pouvaient nuire en aucune façon à la sûreté publique : c'était donc avec raison qu'on les avait permis ; cette permission était régulière en la forme et au fond, conforme à la loi et à ce que permettait l'état des choses.

Une décision de M. le ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, du 21 octobre 1838, rendue d'après l'avis du conseil général des mines, et sur le rapport du directeur général des ponts et chaussées et des mines, a maintenu l'arrêté du préfet, et a, en conséquence, rejeté les réclamations des opposants. Par la même décision, il a été statué que l'on continuerait de prononcer séparément à l'avenir sur chaque demande qui serait présentée par des concessionnaires, pour obtenir des permissions d'exécuter des travaux de recherches ou d'exploitation dans les parties de leurs concessions qui s'étendent sous le territoire de la ville de Saint-Etienne.

Chemins nécessaires aux travaux des mines.

I. *Les dispositions en vertu desquelles les concessionnaires sont autorisés à exécuter les travaux qu'exige l'exploitation des mines, comprennent le droit d'ouvrir les chemins nécessaires à cette exploitation.*

II. *Pour qu'un concessionnaire puisse user de ce droit il n'est pas besoin que l'enclave soit absolue dans le sens déterminé par le Code civil. Il suffit qu'il n'y ait point de chemin de charroi aboutissant à l'orifice de la mine, ou que celui qui existe soit impraticable pour une exploitation de cette nature.*

III. *C'est au préfet qu'il appartient d'autoriser, sur le rapport des ingénieurs, l'ouverture du chemin, de même que tous les autres travaux entrepris par le concessionnaire. Le conseil de préfecture règle les indemnités.*

La disposition des mines dans le sein de la terre, les travaux que nécessite leur exploitation, en font naturellement des propriétés distinctes de celles de la surface.

Situées souvent à de grandes profondeurs, affectant diverses inclinaisons, leurs allures, leurs directions obliques peuvent les faire correspondre dans un court espace, à une multitude d'héritages superficiels différents.

Elles ne sont pas d'ailleurs, comme ces héritages, susceptibles de division. Quand il s'agit d'en poursuivre les ramifications, de s'y garantir des eaux souterraines, de maintenir l'aérage, de prévenir les éboulements, il faut exécuter des ouvrages d'art combinés sur une certaine étendue. Des extractions partielles compromettraient leur aménagement, leur existence même.

La loi du 21 avril 1810 a posé ce principe essentiel de l'indivisibilité des mines et de leur séparation de la propriété du sol. Aux termes des articles 5, 7 et 19, elles ne peuvent être exploitées qu'en vertu d'un acte de concession, ni partagées sans une autorisation du gouvernement; et du moment où elles sont concédées, même quand ce serait au propriétaire du sol, elles constituent une propriété distincte, et tout à fait nouvelle.

En décidant que les mines formeraient une classe de biens à part, il fallait donner au concessionnaire les moyens d'en jouir, et par conséquent l'autoriser à porter ses travaux sur tous les points de la superficie où les besoins de l'exploitation l'exigeraient. La loi a accordé cette autorisation avec une seule réserve dictée par l'intérêt des propriétaires de la surface, la nécessité de prévenir les accidents. C'est dans ce double but qu'elle interdit d'ouvrir sans le consentement formel des propriétaires, des sondages, des puits ou galeries, d'établir des machines ou magasins à une distance de moins de cent mètres des habitations et enclos.

La question s'est élevée de savoir si ce droit du concessionnaire d'exécuter des travaux sur les terrains d'autrui, en observant la distance réservée, l'autorise également à pratiquer un chemin nécessaire au service de la mine, ou si seulement il pouvait invoquer les dispositions de nos lois relatives à l'enclave. La mine concédée constituant une propriété à l'instar de toutes les autres, il ne pouvait être douteux que le concessionnaire dont la mine serait enclavée de manière à n'avoir aucune issue sur la voie publique, ne pût réclamer un passage sur les fonds de ses voisins. Sous

ce rapport il jouit, comme tout autre propriétaire, du droit attribué par l'article 682 du Code civil. Mais la législation des mines n'a-t-elle pas créé en sa faveur un droit plus étendu, résultant de la nature toute spéciale de la propriété? C'est ce que l'espèce suivante a donné lieu notamment d'examiner.

En 1837, le concessionnaire des mines de houille de Chaney, situées dans l'arrondissement de Saint-Etienne, a exposé au préfet de la Loire, qu'un puits par lequel il venait d'atteindre la houille, se trouvait situé au milieu des terres, et qu'il avait besoin d'établir un chemin pour en transporter les produits jusqu'à la route la plus voisine. Il ajoutait qu'il avait obtenu le consentement de l'un des propriétaires sur les fonds desquels ce chemin devait passer, mais que les deux autres, MM. Granjon et Payet, se refusaient à toute conciliation; il recourait en conséquence à l'intervention de l'autorité.

De leur côté, MM. Granjon et Payet prétendirent que la concession de Chaney ne se trouvait pas dans le cas d'enclave déterminé par l'article 682 du Code, qu'elle avait des voies de communication pour arriver à la grande route.

L'ingénieur en chef des mines exposa que les règles relatives aux chemins nécessaires à l'exploitation des mines ne devaient pas être absolument les mêmes que celles qui concernent les héritages ordinaires; qu'il suffit que les voies existantes dans une concession n'aboutissent pas à un puits d'extraction ou soient hors d'état de lui servir, pour que le concessionnaire soit autorisé à ouvrir un nouveau chemin, en vertu des articles 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810, et que ces circonstances se rencontraient dans l'espèce. Le préfet, adoptant ces conclusions, prit le 11 juillet 1837 un arrêté qui autorisait le chemin projeté.

MM. Payet et Granjon se sont pourvus contre cet arrêté.

Leur réclamation a été rejetée, sur le rapport du conseiller-d'état, directeur général des ponts-et-chaussées et des mines, par le ministre des travaux-publics, de l'agriculture et du commerce, conformément à l'avis du conseil des mines, intervenu à la suite d'un rapport très-instructif et très-complet de M. de Bonnard sur cette grave question.

On a considéré que le droit des concessionnaires de mines d'établir des chemins pour le service de leurs exploi-

tations fait essentiellement partie de la faculté que les articles 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810 leur confèrent, d'opérer des travaux sur les terrains d'autrui, moyennant indemnité aux propriétaires du sol. En effet, les travaux nécessaires à une exploitation de mines ne sont pas seulement ceux qui pénètrent dans l'intérieur de la terre pour aller y chercher les substances minérales; les machines à placer sur le terrain pour l'extraction de ces matières et pour l'épuisement des eaux, les bâtiments, les haldes où se déposeront les minerais et les ustensiles qui serviront à les extraire, les canaux ou rigoles qui amèneront les eaux motrices ou par lesquels s'écouleront les eaux d'épuisement, les chemins enfin qui doivent conduire à l'orifice des puits les matériaux destinés à l'exploitation et qui en transporteront les produits, sont des ouvrages tout aussi indispensables. L'ancienne législation l'avait constamment reconnu. L'édit du 30 mai 1413, et les ordonnances de novembre 1471, octobre 1552, mai 1604, voulaient que *les hauts-justiciers délivrâssent aux exploitants de mines, en payant juste et raisonnable prix, chemins et voies, entrées et issues par leurs terres et pays.* La loi du 28 juillet 1791, renouvelant ces dispositions, avait énoncé formellement les chemins parmi les travaux qu'il est permis aux concessionnaires d'établir sur les propriétés des tiers et d'étendre même hors de la concession. Si la loi du 21 avril 1810 ne contient pas la même mention explicite, c'est parce qu'elle ne dénomme aucun de ces ouvrages en particulier; elle les a tous compris sous le nom de *travaux nécessaires aux mines.* Les articles 43 et 44 sont corrélatifs des articles 21, 22 et 25 de la loi de 1791. Ils désignent, sous une expression générale, ce que ces derniers énuméraient. Il est en effet bien évident que l'impossibilité où se trouverait un concessionnaire de pratiquer un chemin de charroi jusqu'à l'ouverture d'un puits de sa concession, le mettrait dans l'impuissance d'exploiter, tout comme si on lui interdisait de pénétrer dans l'intérieur de la terre.

On a objecté que le Code civil ayant fixé les règles relatives à l'enclave des propriétés, c'est à ces dispositions qu'il faut se référer sans qu'il soit besoin de recourir à la loi spéciale de 1810. On oubliait la différence qui existe entre la propriété souterraine et les autres biens. Dans une exploitation minérale, les transports des matériaux et des

produits rendent nécessaires des chemins appropriés à la nature et à l'activité de l'entreprise. Telle voie de communication qui a pu suffire jusqu'alors à un bien rural, peut être impraticable pour desservir une mine. Dans l'esprit du Code civil, il faut, pour qu'un fonds soit réputé enclavé, qu'il n'ait *absolument* aucune issue sur la voie publique. S'il en existe une, quoique longue, pénible, dégradée, traversant un sol fangeux, un autre passage ne peut être réclamé. De telles conditions sont incompatibles avec la bonne exploitation des mines, premier but de l'institution des concessions. C'est en vue de l'intérêt général que les mines sont concédées. Les concessionnaires ne sont pas libres d'user ou de ne pas user. Ils doivent maintenir leurs exploitations en activité constante, afin de pourvoir en tout temps aux besoins des consommateurs. C'est une charge inhérente à leur propriété; ils peuvent, s'ils s'en affranchissent, être déchus de leur concession. Il était donc naturel et indispensable que le législateur les mît à même, en leur conférant certains privilèges particuliers, d'accomplir leurs obligations; les règles ordinaires du droit civil auraient été insuffisantes. Sans doute, dans le tracé et l'exécution du chemin, le concessionnaire doit observer les règles d'équité qu'indique le Code civil, comme de prendre le passage, autant que cela est possible, du côté seulement où il sera le moins dommageable aux voisins; mais il ne saurait être astreint aux autres restrictions imposées aux propriétaires fonciers; pour lui, il n'est pas nécessaire que l'enclave soit *absolue*. Elle existe dès qu'il n'a point de chemin pour parvenir à un puits situé dans l'enceinte de sa concession, ou que ce chemin ne peut lui servir.

Cette doctrine est conforme à celle qu'ont plusieurs fois professée les tribunaux. En 1826, par exemple, dans une contestation semblable, intervenue entre les concessionnaires du *Gourd-marin* et un propriétaire du sol, le tribunal de Saint-Etienne a décidé que ces concessionnaires n'étaient point fondés à invoquer l'article 682 du Code civil, attendu que leur puits avait une ancienne issue sur la voie publique, bien que des experts eussent déclaré que cette issue se trouvait impraticable pour le transport des produits de la mine. Mais en même temps il les a renvoyés à se pourvoir devant l'autorité administrative, afin d'y faire déclarer la nécessité du chemin qu'ils réclamaient, et d'obtenir la permission de l'établir. Ainsi le tribunal reconnais-

sait qu'il existe pour les mines des règles spéciales relativement à l'enclave. La même opinion a été soutenue par beaucoup de jurisconsultes. La vérité de ces principes résulte en outre clairement des discussions qui ont eu lieu au conseil-d'état, sur les articles 43 et 44 de la loi, et c'est pareillement ce qu'exprimait l'orateur du gouvernement dans son discours au corps législatif, lorsqu'il disait qu'on ne saurait appliquer aux mines les dispositions de l'article 682 du Code civil.

Enfin, d'après les mêmes principes, c'est à l'autorité administrative, au préfet, qu'il appartient, ainsi que le reconnaissait également le tribunal de Saint-Etienne, de juger s'il y a ou non nécessité d'ouvrir le chemin, et de délivrer la permission lorsque cette nécessité a été constatée.

Le droit du concessionnaire dérive de la loi du 21 avril 1810 et de l'acte de concession (1). C'est une servitude imposée aux propriétaires du sol, et en dédommagement de laquelle on leur assure une indemnité, laquelle, d'après l'article 43, est réglée au double de ce qu'aurait produit net le terrain endommagé. Ils peuvent d'ailleurs exiger, aux termes de l'article 44, que le concessionnaire leur achète le terrain si l'occupation doit durer plus d'une année, ou rendre ensuite le sol impropre à la culture. On a vu dans l'arrêté de M. le ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, du 7 octobre 1837, et dans la circulaire du 5 novembre (2), comment cette servitude, ne donnant point lieu à expropriation, ne constituant qu'une occupation temporaire, qui ne devient dé-

---

(1) Le simple explorateur de mines aurait aussi le même droit. L'article 43 étend positivement le même privilége aux explorateurs et aux concessionnaires. Toutefois il faut faire ici une distinction. Comme, d'après l'article 10, on ne peut entreprendre des recherches sur le terrain d'autrui qu'avec le consentement du propriétaire, à moins que l'on n'ait une autorisation du gouvernement, il est clair que l'explorateur qui n'aurait point cette autorisation ne pourrait non plus ouvrir de chemin qu'avec l'adhésion de celui à qui le terrain appartient; mais si ses recherches ont été autorisées, alors en vertu de la permission qu'il a reçue du gouvernement, et d'après la disposition de l'article 42, il a le droit de réclamer le chemin nécessaire à ses travaux.

(2) *Annales des mines*, tome XII, pages 672 et 703.

finitive que par la volonté même du propriétaire du terrain et sur sa propre réquisition, est régie administrativement, et que les indemnités sont, dans ces cas, réglées par les conseils de préfecture, conformément à la loi du 16 septembre 1807, à laquelle se réfère la loi du 21 avril 1810. Nous disons les *indemnités*, car c'est là seulement ce qui est du ressort des conseils de préfecture. Quant à la permission d'établir le chemin, comme d'ouvrir tous autres travaux nécessaires à l'exploitation, elle doit être donnée par le préfet. D'après les règlements sur la police des mines, et suivant les clauses des actes de concession et des cahiers de charges, c'est le préfet qui autorise les divers travaux d'exploitation : le concessionnaire lui adresse un projet ; ce magistrat, sur le rapport de l'ingénieur, le modifie ou l'approuve. C'est à lui, par conséquent, qu'il appartient d'autoriser aussi l'ouverture d'un chemin, lorsqu'il lui est démontré que cette nouvelle voie de communication est indispensable à l'exploitation de la mine.

Cette distinction entre la permission pour l'exécution des travaux et le règlement des indemnités, entre l'autorité qui doit délivrer l'une et celle qui est chargée de déterminer les autres, était sous-entendue dans l'arrêté du 7 octobre. Elle a été confirmée par la décision que le ministre a prise le 30 avril 1838, dans l'affaire à laquelle se rapporte le présent article, et qui a maintenu l'arrêté du préfet de la Loire, portant permission au concessionnaire de Chaney d'établir un chemin pour le service de son puits d'extraction. On a reconnu que cet arrêté était parfaitement régulier, conforme aux principes de la matière, et les réclamations de MM. Payet et Granjon ont été en conséquence rejetées.

Ainsi il a été établi que, pour les mines, les règles relatives à l'enclave sont différentes de celles posées par le Code civil, moins rigoureuses et plus étendues ; qu'elles dérivent des articles 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810 ; que, par suite, leur application ressort d'une autre juridiction, de la juridiction administrative ; qu'en fait de chemins nécessaires à une exploitation de mines comme de tous autres travaux d'art, la permission de les exécuter doit être donnée par le préfet, et les questions d'indemnités, pour l'occupation du terrain, être portées devant le conseil de préfecture.

USINES. — LAVOIRS A MINES. — CHEMINS D'EXPLOITATION.

I. *Le droit que l'article* 80 *de la loi du* 21 *avril* 1810 *donne aux propriétaires d'usines à fer légalement permissionnées, d'établir des pâtouillets, lavoirs et chemins de charroi sur des terrains qui ne leur appartiennent pas, ne s'applique point à des chemins de fer.*

II. *Mode d'exécution de cet article.*

III. *Règlement des indemnités dues au propriétaire du sol.*

Les différentes classes de biens, dans leurs rapports entre elles, sont assujetties à certaines obligations qui modifient le droit de propriété indépendamment de la volonté des propriétaires, et qui étant établies pour le plus grand avantage de la société en général, tournent en définitive au profit des individus. Chaque propriétaire, s'il voit son droit limité en certains points, le trouve en même temps étendu sur d'autres. Ces obligations et charges réciproques constituent ce que l'on appelle des *servitudes*.

Il y a des servitudes qui dérivent de la situation des lieux, comme celles qui sont relatives à l'usage des eaux, au bornage des propriétés contiguës; d'autres qui ont pour objet l'utilité publique ou communale, ou l'utilité des particuliers. Telles sont celles qui concernent les voies de halage le long des rivières navigables ou flottables, la mitoyenneté des murs, la distance requise pour certaines constructions, le droit de passage, etc. Le Code civil en détermine plusieurs; un grand nombre ont été fixées par des lois ou règlements spéciaux. Enfin il existe une servitude d'un autre ordre, qui, planant sur tous les fonds, exige dans certains cas le sacrifice d'une propriété particulière à l'intérêt général, et donne lieu à des expropriations pour cause d'utilité publique.

Lorsqu'une loi envisage une espèce particulière de biens, elle a presque toujours à déterminer quelques servitudes qui leur sont propres. La loi sur les mines et les usines avait, à cet égard, à pourvoir aux mêmes nécessités.

Parmi les servitudes qu'elle impose, nous avons, dans

l'article qui précède, cité celle qui est établie en faveur des concessionnaires de mines, et en vertu de laquelle ces concessionnaires sont autorisés à exécuter, sur le terrain d'autrui, les travaux nécessaires à leurs exploitations.

La même loi établit une servitude analogue au profit des propriétaires d'usines à fer régulièrement permissionnées; l'article 80 dispose qu'ils sont autorisés à établir des patouillets, lavoirs et chemins de charroi sur les terrains qui ne leur appartiennent pas, à charge d'indemnité envers le propriétaire du sol, en le prévenant un mois d'avance, et sous les restrictions portées en l'article 11, c'est-à-dire à la condition d'observer la distance qui est prescrite relativement aux habitations et aux clôtures murées.

Un privilége semblable leur avait été conféré sous l'ancienne législation, ainsi qu'aux concessionnaires de mines et aux exploitants de minerai de fer, par les édits de 1471 et de 1680. La loi du 28 juillet 1791 l'avait conservé; elle permettait, comme par le passé, l'occupation du sol pour les travaux des mines et pour ceux des usines à fer, pour les chemins et pour tous les ouvrages en général dépendants de ces exploitations. La loi du 21 avril 1810 l'a consacré de nouveau à l'égard des concessionnaires de mines par les articles 43 et 44, et en ce qui concerne les forges, par l'article 80.

Cet article de la loi de 1810 a donné lieu à plusieurs questions, notamment à celle de savoir si les chemins de charroi dont il fait mention, peuvent s'entendre également d'un chemin de fer qu'un maître de forges voudrait établir pour faciliter l'exploitation de son usine.

En 1836, M. Muel Doublat, propriétaire des forges d'Abainville, département de la Meuse, désirant amener à moins de frais et avec plus de rapidité, jusqu'à ses ateliers, les minerais de la vallée de Biencourt où il s'approvisionne, conçut le projet de construire un chemin de fer.

Ce chemin, à une seule voie, aurait eu 2.000 mètres environ de longeur. Il aurait procuré, d'après les calculs qui furent faits alors, une économie considérable sur les transports.

D'autres fourneaux de la localité, qui s'approvisionnent aussi à Biencourt, devaient également profiter, au moyen d'un péage, de l'établissement du chemin.

M. Muel n'étant pas propriétaire des terrains dont il avait besoin pour l'exécution de son projet, s'adressa à l'administration, en demandant que cette entreprise fût déclarée d'utilité publique, afin de pouvoir acquérir, par voie d'expropriation, la jouissance de ces terrains.

Une enquête fut ouverte dans les formes indiquées par l'article 3 de la loi du 7 juillet 1833 et les articles 9 et 10 de l'ordonnance du 18 février 1834.

Les résultats de cette enquête et les avis des autorités locales furent favorables.

Le conseil général des mines, appelé à émettre son opinion, observa que bien que le chemin de fer projeté dût être d'une utilité incontestable, on ne pouvait cependant le considérer comme ayant le caractère d'une entreprise d'intérêt public, donnant lieu à l'application de la loi de 1833; que c'était, au fond, une entreprise d'intérêt privé devant principalement profiter à M. Muel, auquel elle permettrait de diminuer les frais de son exploitation, et dont rien ne démontrait que le public dût recueillir un avantage réel.

Le conseil général des ponts et chaussées, consulté ensuite, s'exprima dans le même sens.

Dans son avis, le conseil des mines avait en outre examiné une seconde question, celle de savoir si M. Muel, non plus par voie d'expropriation pour cause d'utilité publique, mais comme usant du privilége accordé aux maîtres de forges, par l'article 80 de la loi du 21 avril 1810, pouvait avoir la faculté d'établir ce chemin. Il se prononça pour l'affirmative.

Il lui parut que la loi n'ayant déterminé ni la longueur que pourraient avoir les chemins ouverts par les maîtres de forges, ni les matériaux dont ils seraient formés, ces chemins pouvaient s'étendre autant que le réclamerait le service des exploitations, et être munis de voies de fer tout comme d'un pavé ou d'un empierrement.

Il pensa, du reste, que le propriétaire de l'usine avait besoin, pour exercer ce droit, d'une permission administrative. La loi de 1810 n'ayant point indiqué les formes dans lesquelles ces permissions seraient obtenues, il fut d'avis qu'il y avait lieu, par analogie, de procéder, ainsi que l'énonçait l'article 7 de la loi du 7 juillet 1833, c'est-à-dire de faire une enquête, en suivant à cet égard le règlement

de 1834, après quoi une ordonnance royale interviendrait.

Cet avis sur les effets de l'article 80 de la loi de 1810, n'a point prévalu. On a considéré que cet article ne pouvait avoir eu en vue que de créer, au profit des maîtres de forges, un droit de passage, une servitude, et qu'on lui donnerait une portée qu'il n'a pas, en supposant qu'il permît d'établir des chemins qui, tels que des voies en fer, exigent des mouvements de terrains considérables, des déblais profonds, des remblais élevés, qui dénaturent le sol, interrompent les communications existantes; que, dans tous les cas, ce ne serait point à l'administration qu'il appartiendrait d'autoriser de semblables constructions; et que, pour lui conférer ce pouvoir, il faudrait qu'une disposition législative expresse étendît aux chemins de fer ce que la loi de 1810 n'a entendu que de simples chemins de charroi pour les approvisionnements des usines.

Des avis du conseil d'état sont intervenus le 26 avril 1838.

Voici le texte du premier avis :

« Le conseil d'état qui, sur le renvoi ordonné par M. le » ministre des travaux publics, de l'agriculture et du com- » merce, a pris connaissance d'un rapport de M. le direc- » teur général des ponts et chaussées et des mines, sur la » question de savoir :

» S'il y a lieu de déclarer d'utilité publique l'exécution » d'un chemin de fer des minières de Biencourt au val » d'Ormançon, dont le projet a été présenté par M. Muel » Doublat;

» Vu la demande présentée le 23 janvier 1836, par » M. Muel Doublat;

» Vu la loi du 7 juillet 1833;

» Ensemble les pièces produites;

» Considérant qu'il ne résulte pas de l'examen de l'affaire » que le projet de M. Muel Doublat présente un caractère » d'utilité publique;

» Est d'avis :

» Qu'il n'y a pas lieu de déclarer d'utilité publique » l'exécution d'un chemin de fer des minières de Biencourt » au Val d'Ormançon, dont le projet a été présenté par » M. Muel Doublat. »

Le second avis du conseil d'état est ainsi conçu :

« Le conseil d'état qui, sur le renvoi ordonné par M. le
» ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, a pris connaissance d'un rapport de M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, sur la
» question de savoir :

» Si les dispositions de l'article 80 de la loi du 21 avril
» 1810, sont applicables aux chemins de fer destinés à servir à l'exploitation des mines à fer ;

» Vu l'avis du conseil général des mines ;

» Vu la loi du 21 avril 1810, notamment l'art. 80 ;

» Considérant qu'en donnant aux usiniers la faculté d'établir des chemins de charroi sur les terrains qui ne leur
» appartiennent pas, l'article 80 de la loi du 21 avril 1810
» n'a évidemment créé qu'un droit de passage temporaire ;

» Qu'en effet, le terme d'*indemnité* employé dans cet
» article, démontre que le législateur n'a eu en vue qu'un
» abandon momentané de jouissance de terrain en faveur
» des usiniers ;

» Qu'une occupation de terrain temporaire et essentiellement limitée au besoin qui la motive, ne peut se concilier avec la nature des travaux que nécessite l'exécution
» d'un chemin de fer ;

» Est d'avis :

» Que les dispositions de l'article 80 de la loi du 21
» avril 1810 ne sont pas applicables aux chemins de fer
» destinés à servir à l'exploitation des usines à fer. »

La même interprétation a été donnée en Belgique à la loi de 1810. La compagnie propriétaire des hauts-fourneaux de Couillet, près Charleroy, ayant voulu établir un chemin de fer entre ses usines et une houillère qui en est à une demi-lieue, les propriétaires de terrains se pourvurent devant les tribunaux. La cour d'appel de Bruxelles ordonna la destruction du chemin qui avait été construit durant le procès et qui déjà était achevé ; sa décision fut confirmée par la cour de cassation.

M. Delebecque cite ces arrêts dans son ouvrage sur la législation des mines (1). Ce savant magistrat, qui a traité dans cet ouvrage, avec un talent remarquable,

---

(1) *Traité de la législation des mines en France et en Belgique*, par M. Delebecque, avocat général près la cour d'appel de Bruxelles.

un grand nombre de questions fort difficiles, observe à ce sujet; qu'on ne peut guère supposer que la loi ait entendu accorder aux maîtres de forges le droit de pratiquer pour leur convenance personnelle, des voies d'une longue étendue, traversant les héritages, les chemins existants, et qu'il n'y a dans l'article 80 qu'un droit analogue à la servitude active en matière d'enclave. Tout en regrettant la rigueur d'une mesure qui obligeait de détruire un chemin de fer dont la dépense avait été assez considérable, il reconnaît que la décision était fondée et conforme à la loi.

En effet, il est difficile de voir dans l'article 80, autre chose que l'intention de conserver aux maîtres de forges la faculté dont ils avaient joui jusqu'alors, de pratiquer les chemins qui leur seraient nécessaires pour arriver à une route voisine, communiquer avec une minière située à proximité. La loi civile portait que tout héritage enclavé a droit de passage sur le voisin; mais sans être absolument enclavée, une usine comme une mine peut avoir besoin d'un chemin pour transporter ses matériaux, ses produits jusqu'à la route commune. Le législateur a voulu lui réserver la faculté d'en établir un. Mais ce chemin, il l'a désigné par le nom de *chemin de charroi*, indiquant par cette expression qu'il n'entendait qu'une sorte de droit de passage. De même que pour les mines on peut soutenir sans doute, qu'il n'est pas nécessaire que l'enclave soit *absolue* pour que le maître de forges use de la faculté qui lui est donnée par l'article 80, qu'autrement la loi n'aurait pas eu besoin d'inscrire à cet égard une disposition spéciale, qu'elle se serait référée purement et simplement au droit commun; que c'est un privilége qu'elle a voulu donner; mais tout en raisonnant ainsi, on ne saurait supposer que la loi ait voulu étendre ce privilége à de grandes voies de transports, ni à des chemins de fer. Il ne faut point dénaturer son intention. Une loi spéciale a réglé ce qui a rapport à ces chemins. Tout en voulant assurer l'exécution de ces voies de communication qui effacent les distances, qui multiplient le temps, elle a donné à la propriété foncière toute la garantie qu'elle pouvait réclamer. Quand un chemin de fer est projeté, il faut d'abord qu'il y ait une déclaration d'utilité publique. Une enquête est ordonnée à cet effet; une commission composée de propriétaires et d'industriels écoute la déclaration des tiers, recueille tous les

renseignements, donne son avis motivé sur la convenance et les avantages de l'entreprise. Or, n'est-il pas évident qu'en étendant à des chemins de cette nature l'article 80 de la loi de 1810, on détruirait toutes ces garanties, on mettrait les propriétaires du sol à la merci de tous les projets hasardés que voudraient tenter des chefs d'usines pour leur propre intérêt. Car le droit d'occupation conféré par cet article n'est pas subordonné à une déclaration préalable d'utilité publique ; c'est une servitude que tout propriétaire d'une usine à fer a droit de réclamer en sa qualité de maître de forges et pour son seul avantage. On transformerait donc en une servitude légale et pour des intérêts privés, une faculté qui, dans l'intention de la loi du 7 juillet 1833, ne doit s'exercer que pour des intérêts généraux, lorsqu'il y a utilité publique reconnue et constatée. Et par exemple, dans l'espèce qui a donné lieu à cette discussion, on aurait autorisé, en vertu de l'article 80, un maître de forges à établir ce même chemin de fer que l'on jugeait ne pouvoir être regardé comme une entreprise d'intérêt public et dont la loi de 1833 n'eût pas permis l'exécution. Il y avait là une contradiction manifeste, une disposition qui n'eût été conforme ni à la raison ni à l'équité.

Sans doute, une usine, par son importance, par son influence sur l'industrie du pays, pourrait dans certains cas exceptionnels, être déclarée d'utilité publique ainsi que le chemin qui doit la desservir. Le caractère d'utilité publique n'est pas défini d'une manière absolue ; et l'on conçoit très-bien qu'il serait assez difficile de déterminer invariablement les circonstances qui le constituent. Pour chaque cas, une ordonnance ou une loi déclare, d'après une enquête, si tel établissement projeté en réunit les conditions. Tant que cette utilité n'est point déclarée, un maître de forges n'a droit, en vertu de l'article 80 de la loi de 1810, qu'à une occupation du terrain d'autrui et non à des expropriations.

Il reste à savoir si cet article 80 confère virtuellement le droit d'établir un chemin de charroi, par l'effet seul de la qualité de propriétaire d'une usine à fer ; ou bien si une permission est nécessaire, si cet article donne seulement ouverture au droit de réclamer et d'obtenir cette permission.

Quelle est, dans l'affirmative, l'autorité qui doit la délivrer? Quelle peut en être la durée? Est-elle essentiellement temporaire, ou peut-elle être indéfinie?

Les propriétaires du sol sont-ils obligés de souffrir indéfiniment l'occupation de leurs terrains, ou bien sont-ils fondés à exiger, comme cela a lieu pour les travaux des concessionnaires de mines, que le maître de forges leur achète le terrain lorsque l'occupation doit être de plus d'une année?

Enfin, d'après quelles bases doivent être réglées les indemnités?

La loi ne s'est expliquée sur aucun de ces points. Nous allons exposer les différentes opinions qui ont été professées, et nous hasarderons quelques solutions qui nous paraissent résulter de l'ensemble de la législation sur la matière.

Relativement à la première question, celle de savoir si le maître de forges a besoin d'une permission, comme l'article 80, dans le droit qu'il confère, comprend à la fois les patouillets, les lavoirs et les chemins de charroi, il faut l'examiner sous ces divers rapports.

Nul doute que, s'il s'agit d'un patouillet ou d'un lavoir situé sur un cours d'eau, une autorisation ne soit indispensable. L'article 73 énonce formellement que tout atelier servant de patouillet ou de bocard ne peut être établi qu'en vertu d'une permission délivrée dans la forme d'un règlement d'administration publique. Quant aux simples lavoirs, qui ne sont point nommément désignés dans cet article 73, une permission est nécessaire également en vertu de la jurisprudence constante qui a consacré ce principe que tout ouvrage sur un cours d'eau, même quand ce cours d'eau n'est ni navigable ni flottable, ne peut être formé qu'en vertu d'une ordonnance royale, rendue après l'accomplissement des formalités prescrites par l'arrêté réglementaire du 19 ventôse an VI et l'instruction ministérielle du 19 thermidor suivant. Si donc le maître de forges qui veut établir sur son propre terrain un atelier de lavage servi par une eau courante a besoin d'une permission, on ne conçoit pas comment il en serait dispensé quand il a besoin de l'établir sur le terrain d'autrui. Au surplus, une décision rendue au contentieux a tranché la question. En 1825, le propriétaire des forges

de *Montcley*, M. de Terrier Santans, se pourvut contre un arrêté qui lui refusait l'autorisation d'établir un patouillet à cheval et un lavoir à bras sur le ruisseau de *Choppe*, dans un héritage appartenant à un tiers. L'ordonnance qui rejeta sa requête contient ce considérant :

« Que le droit conféré par l'article 80 aux propriétaires de » forges, d'établir leurs patouillets et lavoirs sur la propriété d'autrui, ne peut être exercé qu'autant qu'ils en » ont obtenu l'autorisation, selon les formes prescrites par » les articles 73 et 74 de la même loi. »

Mais s'il s'agit d'un petit lavoir portatif, construit dans des dépressions naturelles du sol, alimenté par des eaux pluviales recueillies dans ces cavités, ou d'un chemin de charroi, établissements pour lesquels, quand on est propriétaire du terrain, on n'a nul besoin d'une autorisation, en faudra-t-il une par cette seule circonstance que ces ouvrages sont faits sur la propriété d'un tiers ?

D'un côté, on a dit que si l'article 80 n'a pas déterminé les formes suivant lesquelles ses dispositions seraient exécutées, on doit les puiser dans la loi du 28 juillet 1791, parce qu'il est de principe que ce qui, dans les anciennes lois, peut se concilier avec les nouvelles et suppléer aux lacunes qu'elles auraient laissées, n'est point abrogé ; que des articles 15, titre 1er, et 17, titre 2, de la loi de 1791, il résulte que les maîtres de forges devaient, comme les concessionnaires de mines, se pourvoir d'une permission administrative pour établir les chemins dont ils auraient besoin ; et que l'article 80 de la loi du 21 avril 1810 a été tout à fait conçu dans le même esprit. Un chemin est susceptible de plusieurs tracés, et suivant la direction qui lui sera donnée, il pourra être plus ou moins dommageable aux propriétaires du sol ; le maître de forges est intéressé à choisir la ligne la plus facile ; cependant on ne peut le laisser accroître à son gré l'effet d'une servitude. Dès qu'il y a lutte entre deux intérêts, il faut un juge pour prononcer, et ce juge ne peut être que l'administration, qui est seule apte à connaître des besoins des forges ; les tribunaux ne peuvent avoir à statuer, dans ce cas, que sur les indemnités qui seront dues, et non sur la convenance des occupations.

D'un autre côté, l'on a objecté que les termes de l'article 80 n'impliquaient nullement que l'administration dût intervenir pour l'établissement d'un chemin de charroi ;

que rien non plus dans la loi de 1791 n'indiquait qu'il en dût être ainsi ; que l'article 17 de cette dernière loi n'était pas plus explicite à cet égard que l'article 80 de la loi de 1810, et que, quant à l'article 25, il parlait bien de permission à délivrer par l'administration, mais qu'il ne concernait que les chemins à construire par les concessionnaires de mines ; qu'il fallait donc s'en tenir au droit commun, d'après lequel c'est aux tribunaux à statuer sur toutes les contestations qui ne sont point formellement attribuées au pouvoir administratif.

S'il fallait faire un choix entre ces deux opinions, nous inclinerions à penser qu'une autorisation n'est point nécessaire à un maître de forges pour établir un chemin de charroi ou un petit lavoir portatif sur le terrain de son voisin. Si, comme tout le monde le reconnaît, c'est une servitude analogue au droit de passage réservé par le Code civil aux propriétés enclavées, pour exercer un pareil droit, un propriétaire foncier n'a besoin d'aucune autorisation. Il pratique ce passage là où il juge que la position des lieux le requiert ; si le voisin forme opposition, le débat est porté devant les tribunaux. Pourquoi n'en serait-il pas de même pour le chemin de charroi qu'établit un maître de forges ? N'est-ce pas pareillement de sa part l'exercice d'une servitude légale ? Qu'y a-t-il à examiner dans ce cas ? Uniquement si le maître de forges a été fondé à user du privilége qu'il invoque, c'est-à-dire si son usine est légalement permissionnée et s'il n'a pas déjà le chemin qui lui est nécessaire, si celui qu'il projette est dirigé de manière à préjudicier le moins possible à autrui : toutes ces vérifications ne peuvent-elles pas très-bien être faites par les tribunaux ? Une autorisation administrative est requise lorsqu'il s'agit d'un établissement qui, par sa nature, est astreint au régime des permissions ; elle l'est également quand il s'agit d'un chemin à ouvrir par un concessionnaire de mines ; alors c'est au préfet à la délivrer, parce que d'après les règlements, c'est le préfet qui est chargé d'autoriser les travaux à exécuter dans une concession. Mais il n'y a rien de semblable pour un chemin de charroi qui conduira à une usine. Or, dans ces affaires, toujours très-délicates, qui touchent aux droits de propriété, et où il est dérogé au principe fondamental que nul ne doit être contraint de céder son terrain que pour cause d'utilité publique, l'administration doit éviter, autant que possible, d'interposer

son action, à moins que la loi ne l'y ait expressément appelée. Certainement, c'est bien en définitive par des motifs d'intérêt public que ce droit d'occupation est donné aux maîtres de forges; mais dans l'application de chaque cas en particulier ce sont deux intérêts privés qui se trouvent en présence; et en intervenant, l'administration pourrait sembler trop souvent prendre fait et cause pour celui de ces deux intérêts qu'elle est plus spécialement chargée de protéger. Elle ne s'expose point à cet inconvénient quand elle autorise un patouillet ou un lavoir, parce qu'elle le fait en vertu du pouvoir qui lui est délégué à cet effet par la loi, indépendamment de toute circonstance de propriété ou de non propriété du terrain sur lequel cet atelier doit être établi. Il n'en serait plus de même lorsqu'il s'agit d'un simple chemin à construire.

Du reste, nous croyons avec M. Delebecque que ces chemins de charroi, dont il est fait mention dans l'article 80, peuvent avoir une certaine permanence, être construits avec toute la solidité et les travaux d'art que leur destination exige, et qu'ils peuvent subsister aussi longtemps que les besoins qui les ont fait naître. La loi n'a point fixé de terme à leur durée, et il est évident que tant qu'existe pour le maître de forges la nécessité de faire usage de ce chemin, son droit continue, puisqu'il se trouve dans le même cas qu'au premier moment où il l'a établi.

Nous pensons aussi que, comme pour les travaux de mines, l'indemnité due au propriétaire du sol doit être réglée au double de ce qu'aurait produit net le terrain endommagé, et que si l'occupation dure plus d'une année ou rend ensuite le sol impropre à la culture, ce propriétaire peut exiger que le maître de forges lui achète son terrain; qu'en un mot, les articles 43 et 44 de la loi du 21 avril 1810 sont ici applicables. La position du propriétaire foncier vis-à-vis du propriétaire d'usine est absolument la même que lorsqu'il s'agit d'une exploitation de mines, et les mêmes raisons d'équité veulent que dans les deux cas les dédommagements soient semblables. Les articles 10, 43, 44 et 80 sont corrélatifs entre eux, et reposent sur le même principe.

A ce sujet, M. Delebecque trouve qu'il y a néanmoins quelque incohérence dans la loi. « Si, dit-il, en ordon-
» nant la destruction du chemin de fer qu'avait établi la

» compagnie des hauts-fourneaux de Commentry, les tribunaux ont fait une juste application de la loi, et s'il » est vrai, d'autre part, qu'un maître de forges, qui occupe le terrain d'autrui pour un atelier de lavage ou un » chemin, doive une double indemnité, la loi se sera » montrée entachée d'une véritable inconséquence. En » effet, il est bien évident qu'elle a voulu protéger l'indus- » trie qui se rattache à l'exploitation des mines, comme » digne d'une faveur toute spéciale. Eh bien! malgré cette » volonté on a fait moins ici pour l'exploitant que pour » le cultivateur qui passe sur le champ du voisin pour » arriver à une terre enclavée. Dans ce dernier cas, ce » cultivateur ne doit qu'une simple indemnité, aux termes » de l'article 682 du Code civil, tandis qu'en matière d'ex- » traction de mines et de minerais, alors qu'on applique- » rait le même principe, l'exploitant aura à payer une » double indemnité. Supposons, au contraire, que l'ex- » ploitant ne doive que l'indemnité simple, alors les ar- » ticles 10, 43, 44 et 80 ne sont plus en harmonie, bien » que les mêmes raisons de décider se présentent dans les » cas divers qu'ils ont prévus. »

Selon nous, cette incohérence n'existe pas. Si, comme nous croyons l'avoir montré dans le cours de cette discussion et dans celle qui a précédé, et comme on l'a vu dans celle qui est relative aux chemins à exécuter par un concessionnaire de mines, la loi a donné aux exploitants et aux maîtres de forges un droit plus étendu que celui qui résulte des dispositions du Code civil sur l'enclave; si, pour eux, il n'est pas nécessaire que l'enclave soit *absolue*; si en outre d'un droit de passage ordinaire, ils en ont en outre qu'ils peuvent réclamer le droit d'ouvrir les chemins qui sont indispensables au service de leurs exploitations; alors il est juste et naturel qu'en accordant à ces industriels une plus grande prérogative qu'aux propriétaires ordinaires, on les ait en même temps soumis à payer de plus forts dédommagements. Seulement, quoique plus étendu que celui que donne le Code, leur droit ne va pas jusqu'à pouvoir construire des chemins d'une longueur indéfinie, des voies en fer qui bouleversent le sol sur un grand espace.

LAVOIRS A MINES, BOCARDS, PATOUILLETS.

I. *Aucune distance n'est prescrite pour établir, dans le voisinage des propriétés bâties, des patouillets et lavoirs à mines lorsque l'on est propriétaire ou aux droits du propriétaire du terrain sur lequel ils seront construits.*

II. *L'interdiction portée en l'article 80 de la loi du 21 avril 1810, de placer ces ateliers à moins de 100 mètres des habitations et clôtures murées, ne concerne que le cas où, en vertu de ce même article, un maître de forges les établit sur le fonds d'autrui.*

III. *Toutes les fois que le terrain lui appartient, il n'est assujetti qu'aux simples servitudes qui règlent les droits de voisinage entre les propriétés ordinaires, d'après le Code civil, et aux conditions qu'imposent, pour l'établissement d'usines minéralurgiques et l'usage des eaux, la loi du 21 avril 1810 et les lois sur les cours d'eau.*

M. Muel, maître de forges, avait demandé la permission d'établir dans la commune de Saint-Joire, département de la Meuse, un bocard et cinq patouillets sur un terrain dont il était locataire.

Il produisit son bail. Cet acte était parfaitement régulier, souscrit pour trente années, et l'on y voyait qu'il avait été passé précisément pour l'établissement de l'usine; toutes les clauses à cet égard y étaient prévues.

De plus, M. Muel s'engagea à disposer la retenue d'eau et à creuser un bassin d'épuration, de manière à ne causer aucun préjudice aux riverains.

Ces offres firent cesser des oppositions qui s'étaient élevées et qui avaient rapport au cours d'eau.

Pour mieux garantir encore les intérêts des riverains, les ingénieurs proposèrent, après une enquête sur les lieux, de stipuler que l'usine cesserait d'être en activité chaque

année au 15 avril, époque de la récolte des prairies, et ne reprendrait son roulement qu'après cette récolte.

Au moyen de ces conditions tous les avis furent favorables.

Mais l'emplacement où M. Muel voulait établir ses ateliers se trouvait à moins de 100 mètres de propriétés bâties. M. Muel croyant que l'on pourrait exiger de lui pour placer son usine en cet endroit, qu'il eût le consentement de ceux à qui ces propriétés appartenaient, le leur demanda. Ils le refusèrent et firent opposition à l'établissement projeté, en prétendant que d'après les articles 11 et 80 de la loi du 21 avril 1810, une permission ne pouvait être donnée de construire des patouillets et lavoirs à mines en deçà de 100 mètres des habitations et des clôtures murées.

Ces prétentions n'étaient point de nature à être accueillies.

L'article 80, comme ses termes l'indiquent, ne concerne que le cas où le maître de forges, ayant besoin d'établir des ateliers de lavage ou de pratiquer un chemin pour le service de son usine, manque du terrain nécessaire à cet effet. Cet article lui donne la faculté de les établir sur le fonds d'autrui. Il porte que les propriétaires d'usines à fer, légalement permissionnées, sont autorisés à établir des patouillets, lavoirs et chemins de charroi sur les terrains qui ne leur appartiennent pas, à charge d'indemnité envers les propriétaires du sol, en les prévenant un mois d'avance et sous les restrictions indiquées en l'article 11, c'est-à-dire à condition de se tenir, comme pour les ouvertures des travaux de mines, à 100 mètres des habitations et enclos.

On conçoit très-bien ces restrictions lorsqu'un maître de forges vient ainsi occuper le terrain des tiers. En lui accordant un privilége aussi étendu, c'était bien le moins que la loi lui imposât l'obligation de ne point placer ses ateliers à une proximité qui aurait pu être très-gênante pour les propriétaires. Tels sont uniquement le sens et le but de l'art. 80, d'accord avec la lettre. Mais lorsque le maître de forges est propriétaire du terrain sur lequel il demande à former son établissement, ou, ce qui revient au même, quand il en est, comme dans l'espèce, le locataire, qu'il se trouve par son contrat aux droits du propriétaire, aucune loi ne

lui prescrit de garder des distances. Car alors il use de sa propre chose, il est sur son terrain, personne n'a rien à lui objecter. Nulle part, si ce n'est pour le cas tout spécial prévu dans l'article 80, la loi du 21 avril 1810 n'a dit que les bocards, les patouillets, les lavoirs ne pourraient être construits qu'au delà d'un certain rayon des propriétés voisines. D'un autre côté, des règlements particuliers existent relativement aux manufactures insalubres ou incommodes; le décret du 15 octobre 1810, l'ordonnance du 14 janvier 1815 ont fixé les conditions de ces établissements, en ont donné la nomenclature; les patouillets, les lavoirs à mines n'y sont pas compris. Le maître de forges qui bâtit ces ateliers sur son fonds n'est donc soumis qu'aux règles, aux servitudes de voisinage déterminées par le Code civil pour les propriétés ordinaires, et aux conditions que la loi du 21 avril 1810 et les lois sur les cours d'eau et la police rurale prescrivent pour l'établissement des usines minéralurgiques et l'usage des eaux. Ces dernières conditions sont les seules que l'administration puisse lui imposer. Toujours on a procédé de cette manière, toujours on a autorisé les usines de ce genre, sans considérer leur plus ou moins de proximité des propriétés des tiers.

Sans doute s'il était constaté que malgré toutes les précautions, ou par une cause quelconque, une usine occasionnera des dommages au public, on pourrait refuser la permission. S'il s'agissait de construire des bocards ou des lavoirs dans le centre d'une ville, au milieu d'un grand nombre d'habitations, et s'il s'élevait des réclamations fondées, il pourrait y avoir lieu au même refus. L'obligation de s'adresser au gouvernement afin d'obtenir l'autorisation d'établir une usine implique qu'il peut refuser cette autorisation dans les circonstances où il le jugerait nécessaire à la conservation d'autres intérêts. Mais, dans l'espèce que nous rapportons, il n'y avait aucun obstacle de ce genre. Tout le monde était d'accord qu'à l'aide des conditions proposées par les autorités locales, aucun préjudice ne serait causé ni sous le rapport du cours d'eau ni de toute autre manière. Il n'existait donc aucun empêchement légal à ce que l'on permît l'établissement de ces ateliers. L'opposition des propriétaires voisins était sans fondement, elle ne reposait que sur une interprétation er-

ronée des articles 11 et 80 de la loi du 21 avril 1810; il n'y avait pas lieu de s'y arrêter.

C'est ce qui a été reconnu par le conseil d'état, lors de l'examen de cette affaire; et une ordonnance royale du 30 juillet 1838 a autorisé en conséquence M. Muel a établir son bocard et ses patouillets.

LOIS, ORDONNANCES

ET DÉCISIONS DIVERSES,

Concernant les mines, usines, etc.

Loi du 27 avril 1838, relative à l'asséchement et à l'exploitation des mines (1).

Art. 1er. Lorsque plusieurs mines, situées dans des concessions différentes, seront atteintes ou menacées d'une inondation commune qui sera de nature à compromettre leur existence, la sûreté publique ou les besoins des consommateurs, le gouvernement pourra obliger les concessionnaires de ces mines à exécuter, en commun et à leurs frais, les travaux nécessaires, soit pour assécher tout ou partie des mines inondées, soit pour arrêter les progrès de l'inondation.

L'application de cette mesure sera précédée d'une enquête administrative, à laquelle tous les intéressés seront appelés, et dont les formes seront déterminées par un règlement d'administration publique.

Art. 2. Le ministre décidera, d'après l'enquête, quelles sont les concessions inondées ou menacées d'inondation qui doivent opérer, à frais communs, les travaux d'asséchement.

Cette décision sera notifiée administrativement aux concessionnaires intéressés. Le recours contre cette décision ne sera pas suspensif.

Les concessionnaires ou leurs représentants, désignés ainsi qu'il sera dit à l'article 7 de la présente loi, seront convoqués en assemblée générale à l'effet de nommer un syndicat, composé de trois ou cinq membres, pour la gestion des intérêts communs.

Le nombre des syndics, le mode de convocation et de

(1) Voir ci-après, page 594, les instructions données le 29 décembre 1838, pour l'exécution de cette loi.

délibération de l'assemblée générale seront réglés par un arrêté du préfet.

Dans les délibérations de l'assemblée générale, les concessionnaires ou leurs représentants auront un nombre de voix proportionnel à l'importance de chaque concession.

Cette importance sera déterminée d'après le montant des redevances proportionnelles acquittées par les mines en activité d'exploitation, pendant les trois dernières années d'exploitation, ou par les mines inondées, pendant les trois années qui auront précédé celle où l'inondation aura envahi les mines. La délibération ne sera valide qu'autant que les membres présents surpasseraient en nombre le tiers des concessions, et qu'ils représenteraient entre eux plus de la moitié des voix attribuées à la totalité des concessions comprises dans le syndicat.

En cas de décès ou de cessation des fonctions des syndics, ils seront remplacés par l'assemblée générale dans les formes qui auront été suivies pour leur nomination.

Art. 3. Une ordonnance royale rendue dans la forme des règlements d'administration publique, et après que les syndics auront été appelés à faire connaître leurs propositions, et les intéressés leurs observations, déterminera l'organisation définitive et les attributions du syndicat, les bases de la répartition, soit provisoire, soit définitive, de la dépense entre les concessionnaires intéressés, et la forme dans laquelle il sera rendu compte des recettes et des dépenses.

Un arrêté ministériel déterminera, sur la proposition des syndics, le système et le mode d'exécution et d'entretien des travaux d'épuisement, ainsi que les époques périodiques où les taxes devront être acquittées par les concessionnaires.

Si le ministre juge nécessaire de modifier la proposition du syndicat, le syndicat sera de nouveau entendu. Il lui sera fixé un délai pour produire ses observations.

Art. 4. Si l'assemblée générale, dûment convoquée, ne se réunit pas, ou si elle ne nomme point le nombre de syndics fixé par l'arrêté du préfet, le ministre, sur la proposition de ce dernier, instituera d'office une commission composée de trois ou de cinq personnes, qui sera investie de l'autorité et des attributions des syndics.

Si les syndics ne mettent point à exécution les travaux

d'assèchement, ou s'ils contreviennent au mode d'exécution et d'entretien réglé par l'arrêté ministériel, le ministre, après que la contravention aura été constatée, les syndics préalablement appelés, et après qu'ils auront été mis en demeure, pourra, sur la proposition du préfet, suspendre les syndics de leurs fonctions, et leur substituer un nombre égal de commissaires.

Les pouvoirs des commissaires cesseront de droit à l'époque fixée pour l'expiration de ceux des syndics. Néanmoins le ministre, sur la proposition du préfet, aura toujours la faculté de les faire cesser plus tôt.

Les commissaires pourront être rétribués; dans ce cas le ministre, sur la proposition du préfet, fixera le taux des traitements, et leur montant sera acquitté sur le produit des taxes imposées aux concessionnaires.

Art. 5. Les rôles de recouvrement des taxes réglées en vertu des articles précédents, seront dressés par les syndics et rendus exécutoires par le préfet.

Les réclamations des concessionnaires sur la fixation de leur quote-part dans lesdites taxes, seront jugées par le conseil de préfecture, sur mémoires des réclamants communiqués au syndicat, et après avoir pris l'avis de l'ingénieur des mines.

Les réclamations relatives à l'exécution des travaux, seront jugées comme en matière de travaux publics.

Le recours, soit au conseil de préfecture, soit au conseil d'état, ne sera pas suspensif.

Art. 6. A défaut de payement dans le délai de deux mois, à dater de la sommation qui aura été faite, la mine sera réputée abandonnée; le ministre pourra prononcer le retrait de la concession, sauf le recours au roi, en son conseil d'état, par la voie contentieuse.

La décision du ministre sera notifiée aux concessionnaires déchus, publiée et affichée à la diligence du préfet.

L'administration pourra faire l'avance du montant des taxes dues par la concession abandonnée, jusqu'à ce qu'il ait été procédé à une concession nouvelle, ainsi qu'il sera dit ci-après.

A l'expiration du délai de recours, ou, en cas de recours, après la notification de l'ordonnance confirmative de la décision du ministre, il sera procédé publiquement, par voie administrative, à l'adjudication de la mine abandonnée. Les concurrents seront tenus de justifier des fa-

cultés suffisantes pour satisfaire aux conditions imposées par le cahier des charges.

Celui des concurrents qui aura fait l'offre la plus favorable, sera déclaré concessionnaire; et le prix de l'adjudication, déduction faite des sommes avancées par l'état, appartiendra au concessionnaire déchu, ou à ses ayant-droit. Ce prix, s'il y a lieu, sera distribué judiciairement et par ordre d'hypothèques.

Le concessionnaire déchu pourra, jusqu'au jour de l'adjudication, arrêter les effets de la dépossession en payant toutes les taxes arriérées, et en consignant la somme qui sera jugée nécessaire pour sa quote-part dans les travaux qui resteront encore à exécuter.

S'il ne se présente aucun soumissionnaire, la mine restera à la disposition du domaine, libre et franche de toutes charges provenant du fait du concessionnaire déchu. Celui-ci pourra, en ce cas, retirer les chevaux, machines et agrès qu'il aura attachés à l'exploitation, et qui pourront être séparés sans préjudice pour la mine, à la charge de payer toutes les taxes dues jusqu'à la dépossession, et sauf au domaine à retenir, à dire d'experts, les objets qu'il jugera utiles.

Art. 7. Lorsqu'une concession de mine appartiendra à plusieurs personnes ou à une société, les concessionnaires ou la société devront, quand ils en seront requis par le préfet, justifier qu'il est pourvu, par une convention spéciale, à ce que les travaux d'exploitation soient soumis à une direction unique et coordonnés dans un intérêt commun.

Ils seront pareillement tenus de désigner, par une déclaration authentique faite au secrétariat de la préfecture, celui des concessionnaires ou tout autre individu qu'ils auront pourvu des pouvoirs nécessaires pour assister aux assemblées générales, pour recevoir toutes notifications et significations, et en général pour les représenter vis-à-vis de l'administration, tant en demandant qu'en défendant.

Faute par les concessionnaires d'avoir fait, dans le délai qui leur aura été assigné, la justification requise par le paragraphe 1er du présent article, ou d'exécuter les clauses de leurs conventions, qui auraient pour objet d'assurer l'unité de la concession, la suspension de tout ou de partie des travaux pourra être prononcée par un arrêté du préfet,

sauf recours au ministre, et, s'il y a lieu, au conseil d'état, par la voie contentieuse, sans préjudice, d'ailleurs, de l'application des articles 93 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

Art. 8. Tout puits, toute galerie ou tout autre travail d'exploitation ouvert en contravention aux lois ou règlements sur les mines, pourront aussi être interdits dans la forme énoncée en l'article précédent, sans préjudice également de l'application des articles 93 et suivants de la loi du 21 avril 1810.

Art. 9. Dans tous les cas où les lois et règlements sur les mines autorisent l'administration à faire exécuter des travaux dans les mines aux frais des concessionnaires, le défaut de payement de la part de ceux-ci donnera lieu contre eux à l'application des dispositions de l'article 6 de la présente loi.

Art. 10. Dans tous les cas prévus par l'article 49 de la loi du 21 avril 1810, le retrait de la concession et l'adjudication de la mine ne pourront avoir lieu que suivant les formes prescrites par le même article 6 de la présente loi.

DEUXIÈME SEMESTRE DE 1838.

Ordonnance du 18 *juillet* 1838, *portant que* MM. ROZET *et* DE MÉNISSON *sont autorisés à ajouter un haut-fourneau pour le traitement des minerais de fer, à l'usine dite du* CLOS-MORTIER, *dont ils sont propriétaires dans la ville de* SAINT-DIZIER, *arrondissement de* VASSY (Haute-Marne). Usine du Clos-Mortier

L'usine demeure en conséquence composée, conformément aux lettres patentes du 14 janvier 1605 et à cette ordonnance,

De deux hauts-fournaux,
D'une forge renfermant deux feux d'affinerie,
Et d'une fenderie.

Usine du Buisson.

Ordonnance du 18 *juillet* 1838, *portant que* M. BOUTINAUD-GRANDPRÉ *est autorisé à conserver et tenir en activité l'usine à fer et à acier dite du* BUISSON, *située sur la rivière de la* TARDOIRE, *commune de* CHERONNAC, *arrondissement de* ROCHECHOUART (Haute-Vienne).

Cette usine est et demeure composée de deux feux d'affinerie et des machines de compression nécessaires.

Lavoirs à bras, à Pensey.

Ordonnance du 30 *juillet* 1838, *portant que* M. MUEL *est autorisé à tenir et conserver en activité six lavoirs à bras pour le lavage du minerai de fer, situés sur un terrain appartenant à la commune de* PENSEY, *dans la commune de ce nom, arrondissement de* VASSY (Hte-Marne).

N. B. Ladite ordonnance, de même que celles qui suivent et qui concernent des établissements de même nature, prescrit l'établissement de bassins pour l'épuration des eaux bourbeuses provenant du lavage du minerai.

Atelier de lavage, à St-Joire.

Ordonnance du 30 *juillet* 1838, *portant que* M. Pierre-Adolphe MUEL *est autorisé à construire sur le ruisseau du* VAL D'ORMANSON, *au lieu dit* LANEUVILLE, *commune de* SAINT-JOIRE, *arrondissement de* COMMERCY (Meuse), *et dans l'enceinte de la propriété qui lui a été concédée à cet effet par* M. LARCHER, *un atelier de lavage composé d'un bocard à* 16 *pilons et de cinq cuves de patouillet.*

Bocard et patouillet, à Chevillon.

Ordonnance du 30 *juillet* 1838, *portant que* MM. CHARLES frères *et* THABOURIN *sont autorisés à établir un bocard et un patouillet pour la préparation du minerai de fer, dans leur propriété au lieu*

dit Chalitre, *sur le ruisseau de* Chevillon, *commune de ce nom, arrondissement de* Vassy (Haute-Marne).

Ordonnance du 30 *juillet* 1838, *relative à l'exploitation des carrières de* Saint-Même, *arrondissement de* Cognac (Charente). Carrières de Saint-Même.

Art. 1. Les carrières souterraines de pierre à bâtir, ouvertes ou à ouvrir dans la commune de Saint-Même (Charente) seront, à compter de la publication qui aura été faite dans le département, de la présente ordonnance, soumises aux mesures d'ordre et de police qui sont prescrites ci-après.

TITRE Ier.

Exercice de la surveillance de l'administration sur l'exploitation des carrières.

Art. 2. Tout propriétaire ou entrepreneur qui se proposera, soit de continuer l'exploitation d'une carrière en activité, soit d'en ouvrir une nouvelle, sera tenu d'en faire la déclaration devant le préfet du département par l'intermédiaire du maire de la commune.

Art. 3. Cette déclaration énoncera les nom, prénoms et demeure du propriétaire ou de l'entrepreneur de l'exploitation, avec indication de ses droits de propriété ou de jouissance du sol. Elle énoncera aussi le nombre d'ouvriers que l'exploitant se propose d'employer, avec désignation des différentes fonctions auxquelles ces ouvriers seront appliqués, d'après les usages locaux. Enfin, elle fera connaître d'une manière précise le lieu de l'emplacement de l'exploitation, la disposition générale des travaux faits ou à faire, ainsi que les moyens qui seront employés ou projetés pour assurer la solidité des ouvrages, pour prévenir les accidents, tant en dehors qu'à l'intérieur, pour épuiser les eaux et pour extraire les matières.

Art. 4. Ladite déclaration sera accompagnée d'un plan de la surface du terrain à exploiter, indiquant les édifices, habitations, clôtures murées et chemins qui peuvent exister, tant sur ce terrain qu'à la distance de 30 mètres au moins de ses limites, et représentant les travaux d'exploitation existants ou projetés. Ce plan sera dressé sur une échelle de 2 millimètres pour mètre. Il devra être visé par le maire de la commune et vérifié par l'ingénieur des mines. Il sera accompagné de deux coupes, l'une longitudinale et l'autre transversale.

Lorsque plusieurs ateliers d'extraction appartenant à divers propriétaires seront contigüs, et liés entre eux par des galeries de passage, puits d'aérage, voies de communication, de manière à ne former qu'une carrière, les exploitants présenteront un seul et même plan, dont ils supporteront les frais, chacun dans la proportion de l'étendue de son terrain. Ce plan sera dressé sur l'échelle ci-dessus et indiquera les rapports entre les propriétés superficielles et les travaux souterrains.

Art. 5. La déclaration ci-dessus sera faite :

1° Pour les carrières en activité, dans le délai de trois mois, à compter de la publication du règlement ;

2° Pour les nouvelles carrières, un mois avant la mise en activité des travaux d'exploitation projetés.

Art. 6. Faute par lesdits propriétaires ou entrepreneurs d'avoir fait la déclaration sus-énoncée dans les délais prescrits, le préfet, aussitôt qu'il sera informé de l'existence d'une exploitation non déclarée, en ordonnera la visite; après quoi, sur le rapport du maire de la commune, et sur l'avis de l'ingénieur des mines, le préfet pourra ordonner que, provisoirement et par mesure de police, les travaux en seront suspendus jusqu'à ce que la déclaration prescrite ait été effectuée; le tout sauf recours au conseil de préfecture, et sans préjudice des poursuites qui seront dirigées contre les exploitants pour cause d'infraction au présent règlement.

Art. 7. La surveillance de police à l'égard des travaux d'exploitation sera exercée sous l'autorité du préfet par l'ingénieur des mines ou par le voyer souterrain, et concurremment par le maire ou par tout autre officier de police de la commune, chacun dans l'ordre de ses attributions, et conformément à ce qui est prescrit par les articles 47, 48, 50, 81 et 82 de la loi sur les mines, du 21 avril

1810, et par les articles 3, 4, 5, 7, 11, 13 et 14 du décret du 3 janvier 1813 sur la police souterraine.

Art. 8. L'ingénieur des mines donnera aux exploitants des instructions sur la conduite de leurs travaux, sous le rapport de la sûreté et de la solidité. Il informera le préfet de tout désordre, abus ou inconvénient qu'il aurait observé en visitant les carrières, et proposera les moyens d'amélioration ou les mesures d'ordre public dont il aura reconnu l'utilité et la nécessité. Le maire informera aussi le préfet de tous les vices qu'il aurait remarqués dans les carrières et qui seraient de nature à occasionner des accidents.

Art. 9. Sur le rapport de l'ingénieur des mines et l'avis du maire de la commune, le préfet, après avoir entendu l'exploitant de la carrière, prendra telles mesures qu'il appartiendra, et pourra même prononcer l'interdiction des travaux reconnus dangereux, sauf recours au conseil de préfecture.

En cas de péril imminent, le maire prendra, par provision, toutes les mesures qu'il jugera propres à faire cesser le danger, et il en rendra compte immédiatement au préfet.

Art. 10. L'exploitant sera tenu de faciliter à l'ingénieur des mines, au maire, ainsi qu'à tous les autres fonctionnaires publics ou agents délégués par l'administration, les moyens de visiter les travaux d'exploitation et d'en reconnaître l'état.

Art. 11. Il sera personnellement responsable du fait de ses employés et ouvriers. Ces derniers devront toujours être porteurs de livrets, conformément à l'article 12 de la loi du 22 germinal an XI (12 avril 1803).

Art. 12. Nul exploitant ne pourra abandonner, combler ou faire écrouler une carrière, sans en avoir fait, au moins un mois à l'avance, la déclaration au préfet, par l'intermédiaire du maire de la commune. Le préfet, après avoir fait reconnaître l'état des lieux, prescrira ce qu'il appartiendra dans l'intérêt de la sûreté publique.

TITRE II.

Règles générales pour l'exploitation.

1re Section. — *Dispositions générales.*

Art. 13. Les masses calcaires de la commune de Saint-Même, ne pourront être exploitées par cavage à bouche,

qu'autant que les bancs présenteront assez de solidité pour offrir un bon ciel et des piliers de force suffisante.

Art. 14. L'exploitation par cavage à bouche sera divisée en deux classes, le cavage à un seul étage et le cavage à plusieurs étages.

2ᵉ Section. — *Cavage à un seul étage.*

Art. 15. Pour commencer ce genre de cavage, on enlèvera en tout ou en partie, sur la longueur du front du cavage, les terres de recouvrement de la masse, de manière à y former une retraite ou banquette de 2 mètres au moins de largeur.

Art. 16. Un fossé de 1 mètre de largeur et autant de profondeur, sera ouvert parallèlement au front de masse et au-dessus de l'entrée de la carrière. On rejettera les déblais de ce fossé du côté de la bouche du cavage pour y former une berge ou rempart destiné à prévenir les accidents et à détourner les eaux.

Art. 17. L'exploitation se fera par galeries parallèles entre elles, dirigées perpendiculairement au front de masse.

Art. 18. La largeur des galeries pourra être portée à 7 mètres, lorsque le banc exploité ne présentera ni filets, ni fissures; dans le cas contraire, elle ne pourra excéder $5^{m},60$. Leur hauteur ne devra pas dépasser $4^{m},50$.

Art. 19. Il sera laissé au faîte des ateliers ou chantiers d'extraction, un ciel en bonne pierre, dont la solidité et l'épaisseur seront suffisantes pour empêcher tout affaissement du sol. Dans aucun cas, ce ciel ne pourra avoir moins d'un mètre d'épaisseur.

Art. 20. Les massifs qui devront être laissés entre chaque atelier ou entre les galeries parallèles, indiqués en l'article 17, auront une épaisseur de cinq mètres.

Art. 21. Ces massifs pourront être coupés par des galeries transversales, parallèles au front de masse et dirigées en ligne droite dans toute l'étendue de l'exploitation, de manière à former l'ouvrage dit en échiquier.

Art. 22. La largeur et la hauteur de ces galeries transversales ne pourra excéder celle fixée, article 18, pour les galeries perpendiculaires au front de masse, et l'intervalle qui les séparera ne pourra être moindre de 5 mètres, de telle sorte que les piliers existants, après toute exploitation, aient au moins 5 mètres en tous sens.

Art. 23. Les débris de pierre et les déblais seront placés dans les chantiers abandonnés et dans les anciennes excavations, de manière à les remplir jusqu'au faîte, ou au moins à en défendre l'accès.

3e Section. — *Cavage à plusieurs étages.*

Art. 24. Ce mode d'exploitation ne pourra être pratiqué que dans les masses qui auront au moins 10 mètres d'épaisseur.

Art. 25. Les dimensions des galeries de chaque étage seront les mêmes que celles déterminées dans la section qui précède.

Art. 26. Les étages seront disposés et coordonnés entre eux de manière que les massifs de chacun des étages supérieurs correspondent exactement à ceux de l'étage immédiatement inférieur, et qu'il y ait toujours dans la carrière plein sur plein, vide sur vide.

Art. 27. L'épaisseur des planches laissées entre deux étages successifs, ne pourra jamais être moindre de 2 mètres; elle devra être plus grande, si la nature de la masse l'exige.

Art. 28. Dans tous les cas il sera laissé, au faîte de l'étage supérieur, un ciel en bonne pierre ayant au moins une épaisseur de 1 mètre.

Art. 29. Dans ce genre d'exploitation, les massifs de soutènement ne pourront être recoupés dans aucun étage. Les exploitants auront seulement la faculté d'établir entre les galeries ou entre les chantiers voisins des communications de service pour le passage des hommes et des voitures.

Art. 30. Aucun étage d'exploitation ne pourra être entrepris ou poursuivi dans les parties supérieures de la masse avant que l'état des bancs inférieurs n'ait été reconnu par des sondages ou autrement.

Dans le cas où ces recherches auraient fait connaître l'existence d'une ancienne exploitation, le plan devra en être joint à la déclaration prescrite par l'article 2 ci-dessus, et les ateliers des étages à ouvrir seront coordonnés à ceux de l'ancienne exploitation, ainsi qu'il est prescrit en l'article 26.

4e Section. — *Règles communes à toutes les exploitations.*

Art. 31. Quel que soit le nombre des étages, l'exploitation ne pourra être poursuivie que jusqu'à la distance de 10 mètres des bords des chemins à voiture, des édifices et constructions quelconques.

Cette distance pourra en outre être augmentée, suivant les localités, d'une quantité égale à l'épaisseur des terres de recouvrement.

Art. 32. La coordination des travaux à exécuter en vertu des articles 18, 20, 21 et 22 précédents, sera, en cas de difficulté entre les propriétaires voisins, déterminée par le préfet, lequel règlera, en outre, la distance à observer aux approches des propriétés non encore exploitées.

Toutes les questions d'indemnités élevées, soit entre les exploitants des carrières, soit entre les exploitants et les propriétaires voisins, à raison de la disposition des travaux d'exploitation, seront portées devant les tribunaux.

TITRE III.

DE LA RÉPRESSION DES CONTRAVENTIONS.

Art. 33. Les contraventions au présent règlement qui seront commises par les propriétaires, par les exploitants ou par toute autre personne, et d'où résulteraient des détériorations quelconques aux routes royales, départementales, ainsi que toutes les contraventions qui auraient pour effet, soit de porter atteinte à la solidité des travaux des carrières, soit de compromettre la sûreté publique, la sûreté des ouvriers et celle des habitations de la surface, seront constatées, réprimées et poursuivies par voie administrative, conformément à ce qui est prescrit par les articles 50 et 82 de la loi sur les mines et carrières du 21 avril 1810, par l'article 31 du règlement général sur les carrières du 22 mars 1813, ainsi que par la loi du 29 floréal an X, par les décrets des 18 août 1810 et 16 décembre 1811 sur la grande voirie.

Les procès-verbaux constatant lesdites contraventions, seront rédigés par l'ingénieur ou par le voyer souterrain, et concurremment par les autres fonctionnaires publics désignés par l'article 2 de la loi précitée du 29 floréal an X.

Ces procès-verbaux seront affirmés devant le maire ou l'adjoint du maire et transmis au sous-préfet de l'arrondissement, lequel ordonnera par provision ce que de droit.

Il sera statué définitivement en conseil de préfecture.

Art. 34. Toutes les autres contraventions au présent règlement seront dénoncées et constatées comme en matière de voirie et de police.

Les procès-verbaux contre les contrevenants seront dressés par les ingénieurs des mines ou par le voyer souterrain, et concurremment par le maire ou par tout autre officier de police judiciaire, selon ce qui est prescrit tant par l'article 93 de la loi du 21 avril 1810, que par les articles 11 à 21 du Code d'instruction criminelle.

Art. 35. Lesdits procès-verbaux seront dressés sur papier libre, visés pour timbre et enregistrés en débet et affirmés dans le délai de 24 heures.

L'affirmation sera reçue, soit par le juge de paix du canton, soit par l'un des suppléants, soit enfin par le maire ou par l'adjoint du maire, le tout conformément à ce qui est prescrit par l'article 11 de la loi du 28 floréal an X, sur les justices de paix.

Les procès-verbaux seront transmis en originaux au procureur du roi près le tribunal de police correctionnelle de l'arrondissement, lequel poursuivra d'office tous les contrevenants, conformément à l'article 95 de la loi du 21 avril 1810, et requerra contre eux l'application des peines encourues, sans préjudice des dommages et intérets qui pourraient être réclamés par les parties lésées.

Copie de ces procès-verbaux sera immédiatement transmise au préfet.

Art. 36. La présente ordonnance sera insérée au Recueil des actes administratifs du département, et publiée et affichée, à la diligence du préfet, par les soins du maire, dans la commune de Saint-Même. Il en sera en outre donné par le maire une connaissance spéciale aux entrepreneurs des carrières. Des expéditions en seront adressées au sous-préfet de l'arrondissement et aux ingénieurs des mines du département.

Art. 37. Notre ministre secrétaire d'état au département des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, est chargé de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée par extrait au Bulletin des lois.

Lavoirs à cheval et à bras, à Neuvelle-lès-la Charité.

Ordonnance du 1er août 1838, portant que M. PATRET *et* Mme DE RAINCOURT *sont autorisés à établir un lavoir à cheval et trois lavoirs à bras, pour le lavage du minerai de fer, sur un terrain qu'ils possèdent aux lieux dits* PRODOT *et* ESSERTOT, *commune de* NEUVELLE-LÈS-LA CHARITÉ, *arrondissement de* VESOUL (Haute-Saône).

Usine à fer, à Vienne.

Ordonnance du 5 août 1838, portant que les ayant-droit ou représentants de M. Louis FRÈREJEAN *sont autorisés à établir et tenir en activité une usine à fer, dans l'île de* BLUMENSTEIN, *faubourg de* SAINT-ÉVÊQUE, *à* VIENNE (Isère); *ladite usine composée d'un haut-fourneau alimenté par des combustibles minéraux, d'une machine soufflante et d'un appareil pour chauffer l'air.*

Taillanderie, à Roybon.

Ordonnance du 5 août 1838, portant que M. RÉGIS-DOREY *est autorisé à établir au* MAS DU PERENAD, *commune de* ROYBON (Isère), *sur une dérivation de la* GALAURE, *une taillanderie composée de deux feux de taillanderie, alimentés avec des combustibles minéraux, des souffleries et des machines de compression et artifices accessoires.*

Lavoirs à bras, à Larret.

Ordonnance du 18 septembre 1838, portant que M. Nicolas GRISOT *est autorisé à établir six lavoirs à bras, pour le lavage du minerai de fer, dans sa propriété au lieu dit* LE MOULIN, *commune de* LARRET, *arrondissement de* GRAY (Haute-Saône).

Ordonnance du 18 *septembre* 1838, *portant que* M. Harlé *est autorisé à établir et tenir en activité, un deuxième haut-fourneau pour la fusion du minerai de fer, dans l'enceinte de l'usine qu'il possède sur la rivière de* Marne, *dans la commune de* Raincourt, *arrondissement de* Chaumont (Haute-Marne). Haut-fourneau, à Raincourt.

Ordonnance du 23 *septembre* 1838, *portant que* MM. Tofin *et* Poitevin aîné, *sont autorisés à établir une fabrique de sulfate de fer, d'alumine et magmats, au lieu dit* le Champ-de-Bray, *commune de* Jussy (Aisne). Fabrique de sulfate de fer, d'alumine et de magmats, à Jussy.

L'usine sera composée de quatre chaudières d'évaporation, de lessivoirs, récipients, cristallisoirs et autres appareils appropriés à cette fabrication.

Ordonnance du 23 *septembre* 1838, *portant que* M. *le* général vicomte Pernety, *est autorisé à établir un haut-fourneau pour la fusion du minerai de fer près de la forge qu'il possède sur la rivière de* Saulx, *dans la commune de* Pensey, *arrondissement de* Vassy (Haute-Marne), *et dont la maintenue a été autorisée par l'ordonnance du* 30 *juin* 1834. Haut-fourneau à Pensey.

Ordonnance du 23 *septembre* 1838, *portant que* M. Gauthier *est autorisé à établir un lavoir à cheval et deux lavoirs à bras, pour le lavage du minerai de fer, sur un terrain qu'il possède au lieu dit* l'Etang-de-Bouillon, *commune de* Pont-de-Planches, *arrondissement de* Gray (Haute-Saône). Lavoirs à cheval et à bras, à Pont-de-Planches.

Ateliers pour la préparation du minerai de fer, à Pensey.

Ordonnance du 23 *septembre* 1838, *apportant diverses modifications à celle du* 30 *juin* 1834 *qui a autorisé* 1° M. le général vicomte Pernety *à tenir en activité un bocard à huit pilons, un patouillet et dix lavoirs à bras destinés à la préparation du minerai de fer, dans la commune de* Pensey (Haute-Marne); 2° M. Clausse *à maintenir quatre lavoirs à bras situés sur la tête d'eau du bocard en question.*

(Extrait.)

Art. 2. Les quatre lavoirs à bras établis par M. Clausse, sur un terrain appartenant à la commune de Pensey, et permissionnés par l'ordonnance précitée, sont supprimés comme ne pouvant être pourvus de bassins d'épuration autres que ceux affectés à l'établissement de M. le vicomte Pernety.

Feu de corroyage avec martinet pour l'acier, à Romanswiller.

Ordonnance du 23 *septembre* 1838, *portant que* M. Fellrath *est autorisé à établir un feu de corroyage avec martinet pour l'acier, dans sa propriété dite* le Fuchsloch, *sur une dérivation de la rivière de* Mossig, *dans la commune de* Romanswiller, *arrondissement de* Strasbourg (Bas-Rhin).

Usine à fer, à Briey.

Ordonnance du 23 *septembre* 1838, *portant que* M. Pierron (François-Félix) *est autorisé à établir, en remplacement d'un moulin et d'un foulon qu'il possède sur le ruisseau de* Voigot, *au hameau de la* Caulre, *dans la commune de* Briey (Moselle), *une usine à fer qui sera composée :*

1° D'un haut-fourneau marchant au charbon de bois;
2° D'un feu d'affinerie au charbon de bois et des appareils qui en dépendent;

3° D'un feu à pudler pour l'affinage par la méthode anglaise, d'un four de chaufferie à la houille et des appareils qui en dépendent;

4° D'un bocard pour le traitement des crasses et laitiers.

Ordonnance du 23 *septembre* 1838, *portant que* M. Armand Lépine *est autorisé à établir deux lavoirs à cheval et six lavoirs à bras pour le lavage du minerai de fer, dans un terrain qu'il possède aux lieux dits* les Grés-Maraux, *commune de* Granvelle, *arrondissement de* Vesoul (Haute-Saône).

Lavoirs à cheval et à bras, à Granvelle.

Ordonnance du 28 *septembre* 1838, *portant que* M. Martin et Compagnie *sont autorisés à établir sur la rive gauche de la* Sorgue, *au lieu appelé* le Pont-de-Lavocat, *commune de* Velleron (Vaucluse), *un haut-fourneau pour la fusion du minerai de fer, avec machines soufflantes, fours à griller et artifices nécessaires au roulement de cette usine.*

Haut-fourneau, à Velleron.

Ordonnance du 28 *septembre* 1838, *portant que* M. Bordet-Giey *est autorisé à tenir et conserver en activité le patouillet à deux huches servant au lavage du minerai de fer, qu'il possède près de son moulin de* Dancevoir-le-Bas, *sur la rivière* d'Aube, *dans la commune de* Dancevoir, *arrondissement de* Chaumont (Haute-Marne).

Patouillet, à Dancevoir.

Ordonnance du 3 *octobre* 1838, *portant que* MM. Pansé-Mogin *et* Pansé Prosper *sont autorisés à établir un bocard à six pilons et un patouillet pour la préparation du minerai de fer, sur une*

Bocard et Patouillet, à Louvemont.

dérivation de la rivière de Blaise, *à 47 mètres en amont du moulin qu'ils possèdent sur cette dérivation, dans la commune de* Louvemont, *arrondissement de* Vassy (Haute-Marne).

Tourbières des marais de Donges.

Ordonnance du 3 *octobre* 1838, *portant règlement pour l'exploitation de la tourbe dans les marais de* Donges (Loire-Inférieure).

Louis-Philippe, etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état au département des travaux publics, de l'agriculture et du commerce,

Vu les projets de règlements présentés par les ingénieurs des mines du département de la Loire-Inférieure, pour l'exploitation de la tourbe dans les marais de Donges, arrondissement de Savenay;

Les rapports des mêmes ingénieurs;

Les observations faites, au nom des communes, par une commission d'enquête instituée en vertu d'un arrêté du préfet, du 6 février 1834;

L'avis de ce magistrat et ses lettres adressées au conseiller d'état, directeur général des ponts-et-chaussées et des mines;

Les observations et réclamations présentées par la compagnie Debray, concessionnaire du desséchement des marais de Donges;

Vu l'ordonnance royale du 2 juillet 1817, relative audit desséchement;

Vu les avis du conseil général des mines, des 4 mars, 12 août, 25 novembre 1833 et 4 juillet 1836;

Vu l'avis du conseil général des ponts-et-chaussées, du 21 juillet 1837;

Vu la loi du 21 avril 1810;

Vu les articles 35, 36 et 37 de la loi du 16 septembre 1807;

Vu le titre VII du la loi du 18 juillet 1837, sur l'administration municipale;

Vu l'article 10 de la loi de finances du 14 juillet 1838,

lequel autorise la perception des frais de travaux intéressant la salubrité publique;

Notre conseil d'état entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

TITRE Ier.

SERVICE DES TOURBIÈRES.

Art. 1. Les ingénieurs des mines surveillent et dirigent, sous les ordres du préfet, les travaux concernant l'exploitation des tourbes dans les marais de Donges.

Ils rédigent et soumettent à l'approbation du préfet, les projets de tous les ouvrages nécessaires, à l'exception de ceux qui auraient pour objet des rigoles d'embranchement pour l'écoulement des eaux des tourbières par les rivières navigables et flottables ou les canaux de navigation et de desséchement. Ces derniers projets sont présentés par les ingénieurs des ponts-et-chaussées, qui en surveillent l'exécution, après qu'ils ont été revêtus de l'approbation du préfet.

Art. 2. Les ingénieurs des mines auront sous leurs ordres un conducteur du tourbage qui les suppléera en cas d'absence. Ce conducteur devra être commissionné par le préfet et assermenté; sa nomination sera soumise à l'approbation du directeur général des ponts-et-chaussées et des mines.

Le préfet déterminera la quotité du traitement qui devra être alloué à cet agent.

TITRE II.

RÈGLES RELATIVES A L'EXPLOITATION.

Art. 3. Conformément à l'article 84 de la loi du 21 avril 1810, et sous les peines portées audit article, tout propriétaire de marais tourbeux, qui voudra continuer ou commencer à exploiter de la tourbe, devra préalablement en faire la déclaration et en obtenir l'autorisation.

Les déclarations dont il s'agit seront adressées, trois mois avant le commencement des travaux, au sous-préfet, par l'intermédiaire du maire.

Art. 4. Le sous-préfet prendra les renseignements né

cessaires sur l'objet de ces déclarations, qu'il transmettra au préfet avec ses observations. Elles seront communiquées immédiatement à l'ingénieur des mines. Celui-ci se transportera sur les lieux, et, dans son rapport au préfet, proposera les conditions spéciales à insérer dans l'autorisation, dans l'intérêt de la sûreté publique. De ce nombre seront l'obligation de contribuer, s'il y a lieu, aux dépenses communes pour les travaux nécessaires à l'écoulement des eaux et autres ouvrages devant profiter aux exploitants; et celle qui astreindra le permissionnaire à faire communiquer, à ses frais et risques, les eaux de son exploitation avec les grandes rigoles ou canaux d'égout, soit en ouvrant des fossés, soit en se servant des anciennes entailles.

L'autorisation sera ensuite accordée par le préfet, s'il y a lieu.

Art. 5. Il sera tenu, tant à la préfecture que dans le bureau de l'ingénieur des mines, un registre, par ordre de dates et de numéros, des déclarations adressées et des autorisations accordées.

Art. 6. Les exploitants devront se conformer, pendant la durée de l'autorisation, aux conditions qui leur auront été prescrites, aux dispositions du présent règlement et aux instructions qui leur seront données par le préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines, en ce qui concerne la sûreté et la salubrité publiques, et l'assainissement des terrains, sous peine, conformément à l'article 86 de la loi du 21 avril 1810, d'être contraints à cesser leurs travaux.

Art. 7. Aux termes de l'article 40, titre 27, de l'ordonnance d'août 1669, sur les eaux et forêts, des articles 85 et 86 de la loi du 21 avril 1810, et de l'article 17 de l'ordonnance de concession du dessèchement du 2 juillet 1817, il est expressément enjoint aux exploitants de laisser, entre leurs travaux et les voies de communication par terre et les cours d'eau, les distances indiquées ci-après, lesquelles seront considérées comme un *minimum*, savoir :

Pour les rivières navigables, 12 mètres ;

Pour les routes et chemins, 10 mètres ;

Pour les canaux de dessèchement, les rivières non navigables et les ruisseaux, 8 mètres.

Le tout, sous peine de tous dépens, dommages et intérêts, du rétablissement des lieux dans leur premier état, et sans

préjudice des amendes et autres peines encourues pour le fait des contraventions aux lois et règlements.

Toutes les fois que la profondeur des extractions devra atteindre ou dépasser 4 mètres, les exploitants devront, sous les mêmes peines, obtenir préalablement un règlement spécial, modifiant, en raison de la profondeur du tourbage, les dispositions contenues au présent article. Ce règlement sera fait par un arrêté du préfet, pris sur les rapports des ingénieurs des ponts-et-chaussées et des ingénieurs des mines, après que les exploitants auront été entendus.

Art. 8. Si les exploitants n'exécutaient point les travaux mis à leur charge par les arrêtés d'autorisation, ou s'ils négligeaient de les entretenir, il sera pourvu aux dispositions nécessaires par le préfet, sur le rapport des ingénieurs, et après que les exploitants auront été mis en demeure. Les dépenses qui seront faites en ce cas seront constatées, réglées et réparties dans les formes établies au titre V ci-après.

Art. 9. Toutes les dispositions du présent titre seront applicables à l'exploitation, tant des marais tourbeux qui appartiennent aux communes à titre privatif, que du grand marais indivis entre elles, connu sous le nom de *Grande Bruyère* ou *Bruyère-Mottière*.

TITRE III.

RÈGLES PARTICULIÈRES AUX MARAIS COMMUNAUX.

Art. 10. Les demandes de tourbage, dans les marais communaux, seront faites au nom des communes par leurs maires respectifs et appuyées de délibérations des conseils municipaux. Ces demandes feront connaître, d'une manière précise, l'emploi ou la destination de la tourbe à extraire.

Art. 11. L'ingénieur des mines examinera sur les lieux les emplacements proposés pour le tourbage, et constatera les points les plus favorables à l'opération. Il fera, à cet effet, exécuter les sondages nécessaires pour vérifier l'épaisseur du banc de tourbe, en apprécier le produit et déterminer l'étendue superficielle du terrain à livrer à l'extraction.

Il dressera de cette opération un procès-verbal en double

expédition, dans lequel il proposera, conformément à l'article 4 du présent règlement, les dispositions qui seront réclamées par l'intérêt général et par l'intérêt des communes. Une des expéditions restera entre les mains du maire; l'autre sera, à la diligence de l'ingénieur des mines, transmise au préfet, pour y être statué.

Art. 12. Dans le cas où, par suite de circonstances imprévues, le tourbage ne pourrait pas s'exécuter dans l'emplacement déterminé, il en sera donné connaissance au préfet, pour qu'il avise aux mesures à prendre.

S'il y a urgence, le sous-préfet, sur l'avis du conseil municipal, réuni en séance extraordinaire, pourra autoriser l'exploitation sur d'autres emplacements, à la charge par lui d'en rendre un compte immédiat au préfet, lequel statuera définitivement.

Art. 13. L'ingénieur des mines visitera, pendant leur durée, les travaux du tourbage; lorsque ces travaux seront terminés, il procédera à la reconnaissance des terrains tourbés, et vérifiera si les limites des emparquements n'ont point été dépassées.

Chaque année, il adressera au préfet un rapport présentant, pour chaque commune, les résultats et les circonstances principales des tourbages exécutés pendant la campagne.

Art. 14. L'autorité municipale exercera une surveillance constante sur les opérations du tourbage et l'exécution des travaux d'art; elle devra donner immédiatement avis aux ingénieurs et au sous-préfet de toutes les circonstances imprévues qui viendraient à se manifester.

Art. 15. Le partage des produits du tourbage sera opéré entre les habitants conformément aux usages établis dans chaque commune.

TITRE IV.

RÈGLES PARTICULIÈRES AU MARAIS INDIVIS DIT LA GRANDE-BRUYÈRE.

Art. 16. Il sera établi, dans les formes et avec les attributions déterminées au titre VII de la loi du 16 juillet 1837, une commission syndicale pour toutes les communes dont les habitants ont le droit de tourber dans le marais

de la Grande-Bruyère. Chacune desdites communes aura un délégué dans la commission syndicale.

Art. 17. Les demandes de tourbages seront faites par la commission syndicale ; elles indiqueront, pour chaque commune, les noms et prénoms des chefs de ménage qui devront prendre part à l'exploitation ; le nombre de personnes que chacun d'eux pourra y employer ; les emplacements qu'il paraîtrait convenable d'affecter aux travailleurs, soit pour l'extraction, soit pour l'étente de la tourbe ; enfin l'emploi ou la destination de la tourbe à extraire.

Art. 18. L'ingénieur des mines procédera sur les lieux de la manière réglée dans l'article 11 pour les marais communaux. Les deux expéditions du procès-verbal de ses opérations seront remises, l'une à la commission syndicale, l'autre au préfet, pour être statué.

Art. 19. Les terrains affectés tant au tourbage qu'aux étentes devront, à moins de circonstances impérieuses, être toujours distincts et séparés pour chaque commune.

Si le nombre des exploitants d'une même commune est trop considérable pour qu'ils puissent se livrer sur le même point aux travaux du tourbage, ils seront divisés en sections, à chacune desquelles il sera affecté une portion déterminée de terrains à exploiter.

Des bornes, portant indication de la commune ou de la section à laquelle l'emparquement aura été affecté, marqueront les limites de cet emparquement et celles des terrains destinés à l'étente de la tourbe. Ces limites ne pourront être outre-passées.

Procès-verbal de cette délimitation sera dressé par l'ingénieur des mines en double expédition, l'une pour la commission syndicale, l'autre pour la préfecture.

Art. 20. En cas de concurrence entre plusieurs communes ou entre les sections d'une même commune, pour exploiter dans un même emplacement, la commission syndicale décidera, par la voie du sort, en présence des maires des communes intéressées, de l'ordre dans lequel les communes ou sections prétendantes seront appelées à jouir de l'emplacement qui fera l'objet du concours. Les difficultés survenues et le résultat du tirage au sort seront mentionnés dans sa délibération.

L'autorisation accordée par le préfet ne pourra, dans ce cas, s'étendre, pour chaque commune ou section suc-

[illegible]ment admise au [illegible], au lieu de l'année par laquelle elle sera délivrée.

Art. 21. La commission spéciale fixera chaque année l'époque de l'ouverture du [illegible] et le temps pendant lequel il pourra avoir lieu.

Elle exercera, avec le concours des autorités municipales, la surveillance [illegible] qu'il [illegible]

Elle proposera [illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

les cas, être réglée en une rétribution par chaque millier de tourbes extrait des marais auxquels la dépense devra profiter.

La somme mise à la charge de chaque commune sera subdivisée par le conseil municipal entre tous les habitants de la commune prenant part à l'exploitation, proportionnellement à la quantité de tourbe que chacun d'eux devra recueillir.

En ce qui concerne la Grande-Bruyère, les subdivisions dont il s'agit s'effectueront sous la direction de la commission syndicale.

Art. 25. La perception des répartitions mentionnées ci-dessus sera faite, dans chaque commune, par le receveur municipal. Elle aura lieu aux époques fixées par les arrêtés du préfet.

TITRE VI.

RÉPRESSION DES CONTRAVENTIONS.

Art. 26. Les contraventions aux dispositions du présent règlement seront constatées, dénoncées et poursuivies conformément aux articles 93 et suivants de la loi du 21 avril 1810, lorsqu'elles auront lieu en matière de voirie et de police, et conformément à la loi du 29 floréal an x, lorsqu'elles auront lieu en matière de grande voirie.

Art. 27. La présente ordonnance sera insérée au Bulletin des lois et au Recueil des actes administratifs du département de la Loire-Inférieure. Elle sera publiée et affichée dans toutes les communes dont les habitants ont droit de prendre part à l'exploitation de la tourbe dans les marais de Donges.

Art. 28. Nos ministres secrétaires d'État aux départements des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, de l'intérieur et des finances, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 3 *octobre* 1838, *portant que* M. Gauthier *est autorisé à établir:* 1° *dans la commune d'*Echevanne, *arrondissement de* Gray (Haute-Saône), *et près du moulin d'*Echevanne, *un pa-* Patouillet et lavoirs à Echevanne et à Battrans.

cessivement admise au tourbage, au delà de l'année pour laquelle elle sera délivrée.

Art. 21. La commission syndicale fixera chaque année l'époque de l'ouverture du tourbage et le temps pendant lequel il pourra avoir lieu.

Elle exercera, avec le concours des autorités municipales, la surveillance attribuée à ces autorités, en ce qui concerne les marais communaux, par l'article 14.

Elle proposera toutes les mesures propres à maintenir une exacte police entre les exploitants, et à procurer la bonne exploitation du dépôt tourbeux.

Art. 22. Les dispositions des articles 12, 13 et 15, seront applicables à l'exploitation du tourbage dans la Grande-Bruyère. Toutefois, les attributions qui en résultent pour les autorités municipales seront remplies par la commission syndicale.

TITRE V.

RÉPARTITION DES DÉPENSES. — PERCEPTIONS QUI EN SERONT LA SUITE.

Art. 23. Seront à la charge :

1° De tous les propriétaires et exploitants des marais tourbeux de Donges, le traitement du conducteur dont l'institution est autorisée par l'article 2 du présent règlement ;

2° De tous les exploitants ayant droit de participer à un tourbage, les dépenses faites ou à faire pour les ouvrages d'assèchement, d'atterrissement, les rigoles d'embranchement et autres travaux d'art que ledit tourbage rendra nécessaires, ainsi que les frais du tracé de ces ouvrages et travaux, ceux des sondages, empaquement et autres opérations relatives à l'assiette du tourbage.

Art. 24. Les répartitions à opérer par suite de l'article précédent seront faites dans les formes établies par des articles 35, 36 et 37 de la loi du 16 septembre 1807, sur des états détaillés qui seront fournis par les ingénieurs, et après que les propriétaires et exploitants, et, en ce qui concerne les intérêts des communes, les conseils municipaux et la commission syndicale auront été entendus.

La part contributive de chaque exploitant pourra, selon

les cas, être réglée en une rétribution par chaque millier de tourbes extrait des marais auxquels la dépense devra profiter.

La somme mise à la charge de chaque commune sera subdivisée par le conseil municipal entre tous les habitants de la commune prenant part à l'exploitation, proportionnellement à la quantité de tourbe que chacun d'eux devra recueillir.

En ce qui concerne la Grande-Bruyère, les subdivisions dont il s'agit s'effectueront sous la direction de la commission syndicale.

Art. 25. La perception des répartitions mentionnées ci-dessus sera faite, dans chaque commune, par le receveur municipal. Elle aura lieu aux époques fixées par les arrêtés du préfet.

TITRE VI.

RÉPRESSION DES CONTRAVENTIONS.

Art. 26. Les contraventions aux dispositions du présent règlement seront constatées, dénoncées et poursuivies conformément aux articles 93 et suivants de la loi du 21 avril 1810, lorsqu'elles auront lieu en matière de voirie et de police, et conformément à la loi du 29 floréal an x, lorsqu'elles auront lieu en matière de grande voirie.

Art. 27. La présente ordonnance sera insérée au Bulletin des lois et au Recueil des actes administratifs du département de la Loire-Inférieure. Elle sera publiée et affichée dans toutes les communes dont les habitants ont droit de prendre part à l'exploitation de la tourbe dans les marais de Donges.

Art. 28. Nos ministres secrétaires d'État aux départements des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, de l'intérieur et des finances, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 3 *octobre* 1838, *portant que* M. Gauthier *est autorisé à établir:* 1° *dans la commune d'*Echevanne, *arrondissement de* Gray (Haute-Saône), *et près du moulin d'*Echevanne, *un pa-* Patouillet et lavoirs à Echevanne et à Battrans.

touillet à roue, un lavoir à cheval et trois lavoirs à bras pour le lavage du minerai de fer, qui seront alimentés par les eaux du bief du lit du moulin; 2° dans la commune de Battrans, à environ 150 mètres en aval, un autre lavoir à cheval alimenté par la source dite du Bas-du-Moulin.

Lavoir à bras de l'Étang-Jean-Amand, à Signy-le-Petit.

Ordonnance du 3 *octobre* 1838, *portant que* M. Augustin Barrachin *est autorisé à établir et à tenir en activité un lavoir à bras pour le lavage du minerai de fer, sur la propriété de* MM. Fontaine *et* Lhopital, *au lieu dit l'*Etang Jean-Amant, *dans la commune de* Signy-le-Petit, *arrondissement de* Rocroy (Ardennes).

Lavoir à cheval du Fourneau, à Signy-le-Petit.

Ordonnance du 3 *octobre* 1838, *portant que* M. Augustin Barrachin *est autorisé à établir et à tenir en activité, un lavoir à cheval pour le lavage du minerai de fer sur sa propriété au lieu dit* Le Fourneau, *dans la commune de* Signy-le-Petit, *arrondissement de* Rocroy (Ardennes).

Usine à fer de la Valade.

Ordonnance du 11 *octobre* 1838, *portant que* M. Dubut-de-Saint-Paul, *est autorisé à conserver et tenir en activité, l'usine à fer appelée* La Valade, *située sur le ruisseau de* La Valouze, *dans la commune de* Saint-Paul-La-Roche, *arrondissement de* Nontron (Dordogne).

La consistance de cette usine est et demeure fixée à un feu d'affinerie, à une soufflerie et aux machines de compression nécessaires.

Haut-fourneau, à Rachecourt

Ordonnance du 24 *octobre* 1838, *portant que* MM. Jacquot frères *sont autorisés à établir un*

haut-fourneau près des moulins qu'ils possèdent sur la rivière de Marne, dans la commune de Rachecourt, arrondissement de Vassy (Haute-Marne).

Ordonnance du 24 octobre 1838, portant que les ordonnances du 15 décembre 1837 concernant le haut-fourneau de Boussard *et les forges de* Dampierre (Eure-et-Loir), *sont rapportées dans la disposition relative à l'imposition d'une taxe fixe, attendu qu'il est justifié aujourd'hui par* M. Goupil, *propriétaire des dites usines, qu'elles lui ont été vendues nationalement.*

Usines de Boussard et de Dampierre.

Ordonnance du 24 octobre 1838, portant que le partage de la concession des mines de houille du Creusot (Saône-et-Loire), *en deux portions distinctes, est approuvé.*

Mines de houille du Creusot.

(Extrait.)

Art. 2. Ce partage est déterminé conformément au plan annexé à la présente ordonnance, par une ligne droite dirigée du château du Breuil, au point où la rivière de la Bourbince sort de l'étang de Torcy, et de là par le cours de cette même rivière jusqu'à son point d'intersection avec la ligne dirigée des Perrins à Saint-Eusèbe, qui limite la concession au sud-ouest.

Art. 3. Toute la partie qui s'étend au nord de la ligne de partage, comprenant une étendue superficielle de 62 kilomètres 11 hectares, formera une concession qui conservera le nom de *concession du Creusot.*

La partie située au sud de la même ligne, et qui embrasse une superficie de 17 kilomètres 16 hectares, constituera une seconde concession qui portera le nom de *concession des Brosses de Monchanin.*

Art. 4. Les titulaires de chacune de ces deux concessions seront tenus de faire placer des bornes à tous les points des périmètres où cette mesure sera reconnue nécessaire. Procès-verbal de cette opération sera dressé par

Bocard et patouillet, à Doulevant-le-Petit.

Ordonnance du 13 décembre 1838, portant que M. Louis-Antoine-François Rozet, *est autorisé à conserver et tenir en activité le bocard à mine et le patouillet dont il est propriétaire sur la rivière de* Blaise, *dans la commune de* Doulevant-le-Petit, *arrondissement de* Vassy (Haute-Marne).

Affinerie, à Magnoncourt.

Ordonnance du 18 décembre 1838, portant que M. de Buyer *est autorisé à mettre en activité le foyer d'affinerie surmonté d'un four à réverbère recevant la chaleur perdue, et les machines de compression qu'il a établies pour la fabrication du fer, près des laminoirs construits en vertu de l'ordonnance du 22 décembre 1824, sur la rivière de* Semouze, *dans la commune de* Magnoncourt, *arrondissement de* Lure (Haute-Saône).

Usine à fer, à Charmes-en-l'Angle.

Ordonnance du 21 décembre 1838, portant que M. Prosper-Étienne Bourlon, *est autorisé à tenir en activité l'usine à fer qu'il possède sur la rivière du* Blaiseron, *commune de* Charmes-en-l'Angle, *arrondissement de* Vassy (Haute-Marne), *et à remplacer les deux feux d'affinerie qu'elle renferme, par un second haut-fourneau.*

Cette usine demeurera en conséquence composée de deux hauts-fourneaux et d'un bocard à crasses.

Haut-fourneau et patouillet, à Moissey.

Ordonnance du 21 décembre 1838, portant que M. Edme Forey *est autorisé à établir un haut-fourneau et un patouillet destinés au traitement du minerai de fer, dans la commune de* Moissey, *arrondissement de* Dôle (Jura).

Ordonnance du 21 *décembre* 1838, *portant que* M. de MECQUENEM *est autorisé à ajouter à l'usine qu'il possède à* OLIZY-SUR-CHIERS, *arrondissement de* MONTMÉDY (Meuse) : Usine, à Olizy-sur-Chiers.

Un haut-fourneau ;
Un bocard à crasses ;
Six fours, tant de puddlage que de chaufferie, et les diverses machines de compression qu'exige le roulement de cette usine.

Ordonnance du 21 *décembre* 1838, *portant que* M. BARBAROUX *est autorisé à établir au lieu et place du moulin à foulon qu'il possède au* PLANESTEL, *commune de* COLMARS (Basses-Alpes), *sur une dérivation du torrent de la* LANCE, *une taillanderie composée :* Taillanderie, à Colmars.

D'un feu de forge,
D'une trompe,
Et d'un martinet.

Ordonnance du 22 *décembre* 1838, *portant que* M. Urbain MARMIER *est autorisé à établir un lavoir à cheval, pour le lavage du minerai de fer, sur un terrain en nature de pré qu'il tient à bail de* M. VANNET, *dans la commune d'*ARSANS, *arrondissement de* GRAY (Haute-Saône). Lavoir à cheval, à Arsans.

(Extrait.)

Art. 19. La présente permission cessera de plein droit à l'expiration du bail fait au permissionnaire par M. Vannet, ou dès que MM. Philippe et Auguste Viennot ou leurs ayant-droit se refuseront à la dérivation des eaux.

Haut-fourneau, à Villerupt.

Ordonnance du 22 décembre 1838, portant que M. Redon *est autorisé à convertir en un haut-fourneau destiné à la fusion du minerai de fer, le laminoir à tôle qu'il possède sur le territoire de la commune de* Villerupt *et qui est situé sur le cours d'eau provenant des sources de la* Vacherie (Moselle).

PERSONNEL.

Ordonnance du roi, du 30 juillet 1838, portant que M. de Montmarin cesse de faire partie du corps des ingénieurs des mines.

Louis-Philippe, etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état des travaux publics, de l'agriculture et du commerce;

Vu la demande de congé indéfini adressée le 7 avril 1838 au conseiller d'état directeur général des ponts-et-chaussées et des mines, par M. de Montmarin, ingénieur ordinaire de 2e classe au corps royal des mines, ladite demande motivée sur ces affaires de famille;

Vu les lettres des 5 et 11 juin 1838, par lesquelles le conseiller d'état, directeur général des ponts-et-chaussées et des mines, fait connaître à M. de Montmarin que l'état du personnel du corps des mines ne permet pas de lui accorder le congé indéfini qu'il sollicite;

Vu les lettres des 5 et 15 juin 1838, par lesquelles M. de Montmarin refuse de continuer son service;

Vu l'art. 69 du décret d'organisation du corps royal des mines du 18 novembre 1810, ledit article ainsi conçu :

« Les fautes très-graves qui auraient compromis ou le » service, ou les fonds du trésor public, ou l'honneur du » corps, les fautes récidivées contre la subordination et » l'exactitude, seront punies de la destitution, sur le » rapport qui nous en sera fait par notre ministre de » l'intérieur, d'après l'avis motivé du directeur général. »

Considérant que le refus de service déclaré par M. de Montmarin, rentre dans la catégorie des fautes graves mentionnées audit article 69, et qu'il doit dès lors entraîner l'application de la peine prévue par cet article;

Avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. M. de Montmarin, ingénieur ordinaire de 2e classe au corps royal des mines, cessera de faire partie de ce corps.

Art. 2. Notre ministre, etc.

Par arrêté de M. le ministre des travaux publics, de l'agriculture et du commerce, du 7 *juillet* 1838 : — M. Mævus, ingénieur des mines du sous-arrondissement de Saint-Etienne, est chargé du service du sous-arrondissement de Rive-de-Gier, en remplacement de M. Chatelus; — M. Delsériès, ingénieur en chef de l'arrondissement de Saint-Etienne, est chargé provisoirement du service du sous-arrondissement, qui était confié à M. Mævus.

Par arrêté du ministre, du 26 *juillet* 1838, — MM. Bertrand de Boucheporn, Daubrée et Pigeon, élèves au corps royal des mines, sont nommés aspirans-ingénieurs.

Par arrêté du ministre, du 13 *août* 1838 : — celui du 7 juillet, qui charge M. Delsériès, ingénieur en chef de l'arrondissement de Saint-Etienne, de faire provisoirement le service ordinaire du sous-arrondissement de Saint-Etienne, en remplacement de M. Mævus, est rapporté ; — M. Mævus, ingénieur ordinaire, reprend le service du sous-arrondissement de Saint-Etienne, et demeure chargé provisoirement du service du sous-arrondissement de Rive-de-Gier.

Par décision de M. le directeur général des ponts-et-chaussées et des mines, du 21 *août* 1828, — M. Bineau, ingénieur ordinaire des mines, est autorisé à prendre la direction des travaux métallurgiques du chemin de fer de Paris au Hâvre ; il est placé, en conséquence, dans la réserve du corps royal des mines.

CIRCULAIRES

Adressées à MM. les Préfets et à MM. les Ingénieurs des mines.

Paris, le 22 août 1838.

Lavoirs à mine, alimentés par des eaux pluviales ou des eaux de sources.

Monsieur le préfet, une décision de M. le ministre du commerce et des travaux publics, rendue le 25 mars 1831 sur le rapport de mon prédécesseur, conformément à l'avis du conseil général des mines, a statué qu'il n'y a point lieu de la part de l'administration à intervenir dans l'établissement des lavoirs de minerais de fer dits lavoirs portatifs, toutes les fois que ces lavoirs, établis dans les excavations d'où le minerai est tiré ou dans les dépressions naturelles du sol, sont alimentés uniquement par des eaux pluviales, ne sont traversés ni arrosés par aucun cours d'eau, et se trouvent dans des terrains appartenant aux extracteurs de minerais.

Ces sortes de lavage en effet doivent être considérés comme une *opération domestique* que chacun est libre de faire chez soi, et pour laquelle, si quelques dommages venaient à être causés aux propriétés voisines, il y aurait uniquement à appliquer les lois ordinaires qui ont prévu le cas où un propriétaire, par abus, incurie ou toute autre cause, préjudicie à ses voisins, ou à pourvoir par voie de mesure municipale, et conformément aux lois de police, aux inconvénients qui résulteraient des opérations exécutées pour la salubrité ou pour d'autres intérêts publics.

Ce n'est pas du reste de la circonstance qu'un lavoir est portatif, que l'on a entendu, dans la décision ministérielle du 25 mars 1831, faire dépendre la condition qui l'affranchit de la nécessité d'une autorisation. On a voulu parler des lavoirs, portatifs ou permanents, soit à bras, soit à manége, qu'un propriétaire établit sur son fonds, et dans lesquels on n'emploie que des eaux pluviales, ou

des eaux d'une mare, ou des eaux d'un puits ou d'une source, qui étant ensuite absorbées dans des puisards ne s'écoulent pas au dehors, et n'occasionnent aucune filtration dans les propriétés voisines. Dans tous ces cas, aucune loi n'exige que l'exploitant se munisse d'une permission, et il n'est pas même besoin qu'il fasse une déclaration. Cette déclaration n'est prescrite par l'article 59 de la loi du 21 avril 1810 que pour les extractions de minerais.

Mais quand ces lavoirs ou leurs bassins d'épuration sont *construits en relief sur le sol*, bien que la digue d'enceinte fût construite avec soin, il pourrait arriver, si par exemple cette digue était exposée à des courants dans les cas d'inondation, que ces courants fussent détournés de leur cours naturel, et qu'ils emportassent non-seulement la digue, mais encore toute la masse des morées déposée dans les bassins, et qu'il y eût ainsi des dégats causés aux propriétés plus ou moins voisines. On peut donc se demander s'il ne serait pas nécessaire de ranger ces derniers ateliers dans l'une des trois classes des établissements dangereux, insalubres ou incommodes que régissent le décret du 15 octobre 1810 et l'ordonnance royale du 14 janvier 1815.

Il n'est pas à la connaissance de l'administration qu'aucun des effets dont je viens de parler soit résulté des lavoirs dont il s'agit, que ces lavoirs aient donné lieu à des plaintes fondées sur des faits bien constatés. Toutefois la question est grave et a besoin d'être examinée.

Je vous prie, monsieur le préfet, de faire procéder à cet égard à des informations exactes sur divers points de votre département où existent des lavoirs auxquels les observations ci-dessus puissent s'appliquer. MM. les ingénieurs des mines devront consigner dans un rapport tous les documents propres à bien faire apprécier la nature et les inconvénients de ces ateliers relativement à la salubrité et aux propriétés voisines. Je vous serai obligé de me transmettre ce rapport avec tous les renseignements que vous auraient fournis les autorités locales, et d'y joindre vos observations.

Recevez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le conseiller d'état, directeur général des ponts-et-chaussées et des mines.

Signé LEGRAND.

Paris, le 27 octobre 1838.

Uniforme de MM. les ingénieurs des ponts-et chaussées et des mines.

Monsieur le préfet, le décret du 25 août 1804, relatif à l'organisation du corps des ponts-et-chaussées, a prescrit aux ingénieurs de tout grade de porter un uniforme.

Le même devoir est imposé à MM. les ingénieurs des mines par le décret du 18 novembre 1810.

Quelques faits parvenus à ma connaissance me font penser que dans plusieurs départements on regarde ces dispositions comme tombées en désuétude; ce serait une erreur. L'uniforme n'a jamais cessé d'être obligatoire.

Ainsi, MM. les ingénieurs ne doivent se présenter aux cérémonies publiques qu'avec le costume affecté à leur grade; ils doivent également être revêtus de leur uniforme dans les visites de corps et dans les réunions où ils sont appelés à siéger avec un caractère officiel.

Ceux d'entr'eux qui n'ont pas d'uniforme reconnaîtront la nécessité de s'en procurer un dans le plus bref délai.

Je vous prie, monsieur le préfet, de veiller avec soin à ce que MM. les ingénieurs de votre département se conforment à cette recommandation.

Recevez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le conseiller d'état, directeur général des ponts-et-chaussées et des mines,

Signé LEGRAND.

Paris, le 1er novembre 1838.

Inventaire des objets déposés dans les bureaux de MM. les ingénieurs.

Monsieur, les décrets des 25 août 1804 et 18 novembre 1810 renferment des dispositions qui prescrivent aux ingénieurs des ponts-et-chaussées et aux ingénieurs des mines de dresser un inventaire détaillé de tous les plans, papiers, cartes, instruments, et du mobilier appartenant à l'état et existant dans leurs bureaux.

Ces dispositions, qui s'appliquent aussi aux objets fournis par les départements, ne sauraient être trop exactement observées. Je vous invite, en conséquence, à procéder immédiatement, si vous ne l'avez déjà fait, à la rédaction de l'inventaire descriptif des papiers, plans, instruments, etc., déposés dans votre bureau, en dis-

tinguant les objets qui sont la propriété de l'état de ceux qui peuvent appartenir au département. Cet inventaire une fois dressé, vous aurez soin d'y indiquer les changements ou augmentations qui pourront successivement survenir.

Je vous recommande en même temps, pour le cas où vous recevriez une nouvelle destination, de ne pas quitter votre poste actuel sans avoir préalablement vérifié l'inventaire dont il s'agit, en présence de votre successeur ou de la personne chargée provisoirement de le suppléer.

Ces règles, qui ont été déjà rappelées par la circulaire du 30 novembre 1822, s'appliquent également aux bureaux de MM. les ingénieurs ordinaires. Je vous prie de veiller à ce que vos collaborateurs s'y conforment avec soin, et à vous faire remettre, au moins une fois par an, un double des inventaires qu'ils auront rédigés.

Veuillez, monsieur, m'accuser réception de la présente circulaire, dont j'adresse une ampliation à MM. les ingénieurs ordinaires.

Recevez, monsieur, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le conseiller d'état, directeur général des ponts-et-chaussées et des mines,

Signé LEGRAND.

Paris, le 29 décembre 1838.

Instructions pour l'exécution de la loi du 27 avril 1838.

Monsieur le préfet, la loi du 27 avril 1838, relative à l'assèchement et à l'exploitation des mines, a eu pour objet de remédier à de graves abus qui compromettaient l'avenir de cette partie de la richesse publique. Il convient de pourvoir à l'exécution de cette loi, dont le texte se trouve imprimé à la suite de cette circulaire (1).

Je m'occupe de préparer le règlement qui doit déterminer, d'après l'article 1er, les formes à suivre dans le cas où des concessionnaires sont tenus d'opérer en commun, et à leurs frais, des travaux nécessaires pour assécher leurs mines inondées, ou arrêter les progrès de l'inondation. Ce travail, qui doit être soumis au conseil d'état, sera terminé prochainement.

(1) Voir le texte de cette loi, page 557.

Indépendamment des dispositions qui se rapportent à cet objet, la loi en contient d'autres d'une grande importance, qui ont pour but d'assurer l'unité d'exploitation dans chaque concession, d'empêcher toute extraction qui serait ouverte en contravention aux règles, et de fortifier, par des moyens coërcitifs qui étaient devenus indispensables, les prescriptions que la loi du 21 avril 1810 et le décret du 3 janvier 1813 avaient établies pour garantir la sûreté publique, celle des ouvriers employés dans les mines et les besoins des consommateurs.

L'unité dans les concessions est la condition première du bon aménagement des substances minérales. On peut dire qu'elle forme véritablement la base de la législation des mines. Les gîtes que la terre renferme doivent être exploités avec ensemble. Ils exigent des travaux convenablement coordonnés, pour en poursuivre, sous le sol, les ramifications, prévenir les envahissements des eaux souterraines, les gaz délétères, les éboulements. C'est afin de les soustraire aux morcellements qui ont lieu à la surface par la division des propriétés, qu'on en a fait une classe de biens distincts, dont l'acte de concession circonscrit les limites. La loi du 21 avril 1810, qui a fait cesser les dispositions si incohérentes des législations antérieures, repose sur le principe conservateur de l'indivisibilité des mines. Elle l'a expressément énoncé dans l'article 7, où, en même temps qu'elle déclare que les mines concédées sont des propriétés disponibles et transmissibles, elle interdit de les vendre par lots, de les partager, sans une autorisation préalable donnée dans les mêmes formes que la concession.

La loi nouvelle a posé plus explicitement encore le même principe. Elle veut que lorsqu'une concession de mines appartient à plusieurs personnes ou à une société, les concessionnaires justifient qu'il est pourvu par une convention spéciale à ce que les travaux d'exploitation soient soumis à une direction unique et coordonnés dans un intérêt commun. Elle leur impose aussi l'obligation de désigner, par une déclaration authentique, faite au secrétariat de la préfecture, celui qu'ils ont chargé de les représenter vis-à-vis de l'administration. Déjà diverses décisions avaient prescrit ces conditions inhérentes à la nature même des choses ; mais comme elles ne donnaient point à l'autorité administrative une action suffisante, elles étaient

rarement observées. Une sanction efficace résulte aujourd'hui de la nouvelle loi. Les justifications qu'elle exige doivent être désormais une chose sérieuse et non des actes illusoires.

La convention que les concessionnaires sont tenus de présenter doit nécessairement, pour remplir son but, indiquer un plan de travaux qui s'applique réellement à l'ensemble de la concession, qui fasse connaître comment les travaux existants sont ou seront coordonnés entre eux relativement à l'aérage, à l'expulsion des eaux, à l'aménagement des gîtes, à l'extraction des minerais, et les nouveaux ouvrages que la compagnie se propose d'exécuter comme le développement ou le complément des anciens.

Elle doit aussi instituer au chef-lieu de l'établissement un bureau spécial pour la réunion de tous les plans et coupes des travaux pratiqués dans les mines, et des registres d'avancement de ces travaux.

Il faut en outre qu'elle confie à un seul et même directeur la direction générale des exploitations ouvertes ou à ouvrir dans la concession. Cela ne s'oppose point à ce que des agents secondaires soient chargés de la surveillance et de la conduite de certaines parties de l'exploitation; mais la loi veut *une direction unique*, et une semblable direction ne peut être le fait de plusieurs personnes. Il doit donc y avoir un agent principal à la direction duquel tout vienne aboutir comme à un centre commun. C'est aux concessionnaires à nommer ce directeur; l'autorité administrative doit veiller à ce qu'il soit désigné et offre les garanties que requièrent ses fonctions.

Toutes ces obligations dérivent les unes des autres et de l'unité de la concession, qui est le point fondamental en cette matière. La loi a indiqué dans quel but la convention qu'elle prescrit est exigée. C'était dire implicitement ce qu'elle doit contenir pour remplir cette fin, pour être complète et régulière.

Une suite de ces mêmes principes est que toute demande relative à des travaux à ouvrir doit être présentée par le fondé de pouvoir des concessionnaires. Aux termes de l'article 7 de la loi, l'administration ne peut reconnaître que ce correspondant.

Mais il ne suffit pas que la demande soit formée par lui; il faut encore, pour qu'elle puisse être accueillie, que l'on

ait constaté qu'il n'en résultera rien qui soit de nature à compromettre l'unité des travaux.

Il pourrait arriver que des tiers auxquels les concessionnaires auraient loué des portions de leur concession empruntassent l'intervention du correspondant pour faire autoriser leurs extractions, et que celui-ci, par suite de ces traités, se crût obligé de faire des démarches en conséquence : le premier soin de l'autorité, quand une pétition lui est adressée, doit être d'examiner si elle est d'accord avec la conservation et le bon aménagement des mines. L'ingénieur est consulté; puis le préfet autorise ou refuse, suivant l'état des choses, et conformément à ce qui est indiqué au cahier des charges.

Quant aux amodiations ou louages partiels de concession, l'administration ne peut les admettre. Quelles que soient les transactions que les concessionnaires aient pu faire entre eux, elle n'a point à traiter avec eux isolément; elle n'a de rapports qu'avec leur représentant légal, et elle doit tenir la main à ce que l'exploitation soit conduite dans des vues de bon ordre et d'avenir, avec unité. Les travaux entrepris par des amodiataires, où chacun extrait de son côté, pour son propre compte, rompent cette unité de la concession ; ils peuvent compromettre, de la manière la plus grave, la conservation des gîtes ; ce sont des contraventions formelles, et la loi autorise à les interdire, sans égard pour les conventions qui y ont donné lieu, et qui elles-mêmes d'ailleurs étaient des infractions à la loi. On peut, lorsque la disposition des gîtes le permet, et en se conformant aux règles établies, ouvrir plusieurs champs d'exploitation. Mais des traités par lesquels un concessionnaire divise sa concession entre plusieurs personnes, substitue à l'intérêt unique qui devait présider à l'exploitation des intérêts divers et souvent contraires entre eux, aliène, en les affermant, des parties de la mine, car les substances minérales ne se reproduisent plus une fois qu'elles ont été extraites; ces traités sont de véritables partages, sous quelque nom qu'on les déguise; ils en ont tous les fâcheux résultats.

Si, dans quelques circonstances, et avant la loi nouvelle, les tribunaux n'avaient pas jugé qu'il y eût lieu d'annuler de pareilles stipulations, c'est qu'ils avaient principalement à les considérer et qu'ils les envisageaient sous le rapport de leurs effets civils, relativement aux parties

contractantes. Mais en même temps ils ont toujours reconnu que l'unité de l'exploitation devait être maintenue.

C'est le droit de l'administration de l'exiger ; c'est aussi son devoir. La loi du 21 avril 1838 a tranché définitivement la question de manière à faire cesser les doutes qui avaient été soulevés. L'article 7 de cette loi, ainsi que cela est énoncé très-explicitement dans le dernier rapport de la commission de la chambre des pairs, a eu précisément pour objet de donner une sanction positive à l'article 7 de la loi du 21 avril 1810, qui veut que les concessions demeurent indivisibles ; de suppléer à ce qu'il avait laissé sous-entendu en ce qui concerne les amodiations, les baux partiels ; d'empêcher, en un mot, que par des traités de ce genre, on n'élude les résultats que l'on avait voulu assurer, *comme une condition de salut pour les mines*. « Ou les » exploitations présentent unité de plan et de but, et alors, » ajoute le même rapport, elles seront maintenues ; ou » l'unité n'existe pas, et le gouvernement doit la rétablir » en prononçant l'interdiction des travaux qui font obstacle à cette même unité. Il demeure donc bien établi » que *tous les travaux d'exploitation doivent être soumis* » *à une direction unique, et coordonnés dans un intérêt* » *commun*, et que le droit et le devoir du gouvernement » est d'interdire administrativement ceux de ces travaux » dont l'existence serait inconciliable avec cet intérêt » commun, sans avoir égard aux conventions que les concessionnaires pourraient avoir souscrites en faveur de » tierces personnes pour l'exploitation de tout ou partie » de leur concession. »

Les dispositions qui précèdent ne sont que l'application bien entendue des véritables principes de la matière ; mais elles ne font nullement obstacle à ce qu'en conformité de la loi du 21 avril 1810, on autorise les partages qui ne présentent point d'inconvénients. L'administration les secondera volontiers toutes les fois qu'ils seront convenables et possibles ; et ce que les concessionnaires qui sont placés aujourd'hui dans une position illégale ont à faire de mieux, c'est de se réunir pour solliciter ces partages. Il faut les en avertir. Leurs demandes seront examinées avec un soin particulier, et il sera statué sur chacune d'elles après une appréciation exacte et approfondie de toutes les considérations qui pourront s'y rattacher. Là où il y aurait refus, c'est que l'intérêt général y mettrait absolument obstacle,

et cet intérêt est trop manifeste pour qu'on puisse jamais le perdre de vue.

En procédant comme je viens de le dire, on parviendra à fonder un ordre de choses stable et régulier. Si cependant les avertissements de l'administration n'étaient point entendus, si l'on persistait dans un système d'opposition illégale, alors elle n'hésiterait plus à user du pouvoir que la loi lui confère; elle y aurait recours avec d'autant plus d'autorité qu'elle n'aurait rien négligé pour éviter d'en venir à cette extrémité toujours fâcheuse; la loi devrait être enfin obéie; et vous auriez, monsieur le préfet, à appliquer l'article 7 de la loi du 27 avril 1838, qui donne le droit de suspendre les travaux (sauf recours au ministre, et, s'il y a lieu, au conseil d'état par voie contentieuse), sans préjudice de l'application des dispositions pénales portées au titre X de la loi du 21 avril 1810.

D'après l'article 8 de cette même loi, l'administration a un égal pouvoir pour tous les cas où un travail quelconque d'exploitation est ouvert contrairement aux lois ou règlements sur les mines.

Ainsi, toutes les fois que des travaux sont entrepris illicitement dans une concession, soit par des tiers qui viendraient troubler le concessionnaire, soit par le titulaire lui-même ou des personnes qui se diraient ses amodiataires, ses représentants, vous êtes autorisé à les faire fermer d'office, sauf au procureur du roi à poursuivre ensuite, si le cas y échoit, les délinquants devant le tribunal de police correctionnelle.

Il y aurait également lieu de dénoncer au procureur du roi tout acte de vente d'une portion de concession, fait en violation de l'article 7 de la loi du 21 avril 1810, par l'un des titulaires ou par la compagnie concessionnaire, et d'interdire, en vertu de l'article 8 de la loi du 27 avril 1838, les travaux qui seraient exécutés par suite de cette vente.

Je vous serai obligé, monsieur le préfet, de me donner connaissance des mesures que vous aurez prises dans les diverses circonstances dont il est parlé ci-dessus.

Il peut arriver que, bien qu'il n'y ait pas infraction absolue à l'acte de concession, des travaux soient conduits d'une manière dangereuse, exposent à des éboulements, des incendies, à une inondation qui, sans s'étendre à un groupe de concessions, menace l'existence d'une mine

isolée. Le décret du 3 janvier 1813 avait prévu ces différents cas, et il a donné à l'administration le droit de prescrire les ouvrages de sûreté qui seraient jugés indispensables. Mais il n'avait point indiqué par quels moyens les concessionnaires qui n'obtempéreraient pas à ces prescriptions pourraient être contraints au payement de la dépense que ces travaux de sûreté aurait occasionnée. L'article 9 de la loi supplée à cette lacune, en disposant que le défaut de payement de la part de ceux-ci donnera lieu contre eux à l'application de l'article 6, c'est-à-dire au retrait de la concession.

Enfin, si une exploitation se trouvait délaissée, restreinte ou suspendue sans causes légitimes, et de manière à inquiéter pour la sûreté publique ou les besoins des consommateurs, le retrait de la concession pourrait aussi être poursuivi et opéré. L'article 10 applique les dispositions de ce même article 6 aux cas qui ont été prévus par l'article 49 de la loi du 21 avril 1810. La loi du 27 avril est venue après de longs débats fixer toutes les indécisions, et elle consacre d'une manière formelle les principes que l'administration avait toujours soutenus, à savoir : que les mines doivent être exploitées, que c'est dans ce but qu'on en accorde la concession, que nul concessionnaire ne peut décliner indéfiniment l'exécution des conditions qu'il a volontairement acceptées, et que la révocation de la concession, lorsqu'on n'en accomplit pas les charges, résulte de l'article 49 lui-même de la loi de 1810. Cela ne fait plus de doute maintenant. Toutefois il est bien entendu qu'on ne doit employer qu'avec une grande réserve la faculté de poursuivre la déchéance pour cause d'inexploitation. Beaucoup de circonstances indépendantes du concessionnaire, des revers de fortune, des procès, des affaires de famille, quand une succession vient à s'ouvrir, les difficultés mêmes de l'exploitation ou le manque de débouchés, la baisse des prix dans le commerce, peuvent occasionner des interruptions dans les travaux; et d'un autre côté l'intérêt public n'est pas toujours menacé parce qu'une mine n'est point exploitée. On a quelquefois soutenu, en thèse générale, que les besoins des consommateurs sont effectivement compromis dans une localité, lorsqu'on ne tire aucun parti d'une substance minérale qui y existe et qu'il faut cependant faire venir du dehors; qu'il pourrait se faire, quelque faible que fût le prix de la matière ainsi importée, qu'une

exploitation locale la donnât à un prix encore inférieur; que si on ne peut rien affirmer à cet égard, il semble qu'il n'y a aucune raison positive non plus à objecter à l'avance contre la possibilité de la réduction. La question ainsi envisagée, on serait assez fondé à dire qu'il y a du moins présomption que le consommateur paye trop cher quand on n'exploite pas une mine qui est à sa portée, et qu'alors ses intérêts sont en souffrance. Mais, dans l'application, ces généralités conduiraient souvent à l'arbitraire; et quand il s'agit de mesures de rigueur, il faut surtout qu'on ne puisse pas en contester l'application. On sent très-bien qu'en pareille matière il y a un grand nombre de considérations à apprécier, et que c'est dans les faits surtout que l'administration doit chercher sa force et son droit. Elle porterait atteinte elle-même à son autorité si elle procédait autrement; son action sera d'autant plus efficace qu'elle aura su tenir compte de toutes les circonstances. Il convient donc, quand une mine n'est pas exploitée, d'adresser d'abord des avertissements au propriétaire de la mine, de le prévenir des mesures qui pourront être prises contre lui s'il ne se met pas en règle, et de l'engager à s'expliquer. Il convient aussi de procéder, dans ces circonstances, à une enquête administrative ayant pour objet de faire connaître si, et jusqu'à quel point, cette interruption des travaux est de nature à porter préjudice aux consommateurs. La loi n'exige pas absolument ici cette enquête; elle ne la prescrit explicitement que lorsqu'il est question de contraindre des concessionnaires à exécuter en commun et à leurs frais des travaux pour assécher leurs mines inondées ou arrêter les progrès de l'inondation. Mais elle se réfère à l'article 49 de la loi de 1810; elle indique que les poursuites ne devront être exercées que s'il y a un véritable intérêt public compromis. Il est donc convenable, avant d'user des voies de rigueur, de bien constater que l'on s'est trouvé obligé d'y recourir; il faut entendre les intéressés, voir s'il y a des plaintes, recueillir en un mot toutes les informations nécessaires. C'est lorsque ces préliminaires auraient été épuisés, qu'alors, s'il y avait lieu, vous prendriez un arrêté spécial qui assignerait au concessionnaire, conformément à l'article 6 précité, un délai de deux mois, passé lequel, si l'exploitation n'était pas remise en activité, vous transmettriez à l'administration, avec un rapport des ingénieurs, vos propositions

pour le retrait de la concession, s'il vous paraissait qu'il dût être prononcé. Il serait ensuite, après la décision du ministre et l'expiration des délais de recours, ou après la notification de l'ordonnance confirmative de la décision, procédé publiquement par voie administrative à l'adjudication de la mine, ainsi qu'il est déterminé dans ce même article de la loi.

Si le domicile du titulaire de la concession ou de ses ayant-cause était inconnu, la sommation devrait être faite conformément aux articles 68 et 69 du Code de procédure civile (1).

Je rappellerai ici qu'en tout état de cause une mine même non exploitée, dès qu'elle a été concédée, doit rester sur les rôles de la redevance fixe; que, d'après la loi du 21 avril 1810 et le décret du 6 mai 1811, cette redevance est une charge inhérente à la concession, qui doit subsister tant que la concession elle-même subsiste. Lorsque des concessionnaires ne veulent plus supporter les frais d'une exploitation ou en courir les chances, ils peuvent, ou renoncer à leur concession qui alors redeviendra disponible et pourra passer en d'autres mains, ou demander une réduction de l'étendue qui leur a été concédée. Ma circulaire du 30 novembre 1834 a indiqué comment il y a lieu de procéder dans les deux cas. Ils sont libres également de solliciter le partage de la mine, s'ils croient que cela leur sera avantageux. Mais tant que l'acte de concession n'a point été rapporté ou modifié, ils doivent en remplir les conditions.

L'administration est actuellement investie du pouvoir

---

(1) Code de procédure civile : « Art. 68. Tous exploits seront faits à personne ou domicile : mais si l'huissier ne trouve au domicile ni la partie, ni aucun de ses parents ou serviteurs, il remettra de suite la copie à un voisin, qui signera l'original; si le voisin ne peut ou ne veut signer, l'huissier remettra la copie au maire ou adjoint de la commune, lequel visera l'original sans frais; l'huissier fera mention du tout, tant sur l'original que sur la copie.

» Art. 69 : Seront assignés.... 8° Ceux qui n'ont aucun domicile connu en France, au lieu de leur résidence actuelle : si le lieu n'est pas connu, l'exploit sera affiché à la principale porte de l'auditoire du tribunal où la demande est portée; une seconde copie sera donnée au procureur du roi, lequel visera l'original. »

qui lui a trop longtemps manqué pour la conservation des précieux intérêts confiés à ses soins, et qui importent tant à la prospérité de notre industrie. Elle doit en faire usage avec cet esprit de modération qui est toujours la règle de sa conduite, et n'épargner, avant de recourir aux moyens coërcitifs qui lui sont remis, ni les avertissements, ni les conseils. Des ménagements sont souvent justes et nécessaires. Mais le but est bien marqué maintenant; il faut y marcher avec prudence, mais aussi avec fermeté.

Je vous prie, monsieur le préfet, de m'accuser réception de la présente dont je transmets une ampliation à MM. les ingénieurs des mines.

Recevez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le conseiller d'état, directeur général des ponts-et-chaussées et des mines,

Signé LEGRAND.

ERRATA

Du tome XIV des Annales des mines.

Page,	ligne,	*au lieu de*	*lisez*,
186,	1re (colonne 2),	[illegible]	[illegible]
188,	5 (colonne 6),	0,870,	0,860
Id.,	35 (colonne 5),	0,840,	0,848
191,	30 (colonne 4),	1,2320	2,2320
192,	6 (colonne 4),	0,2990	2,2990

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XIV.

GÉOLOGIE.

CHIMIE.

MÉTALLURGIE ET MINÉRALURGIE.

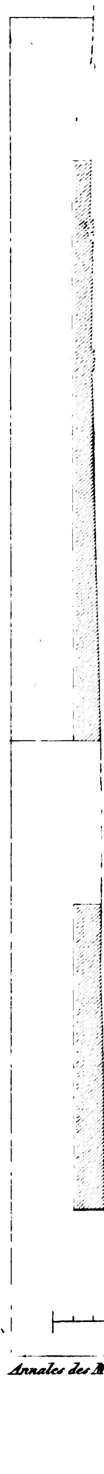
MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

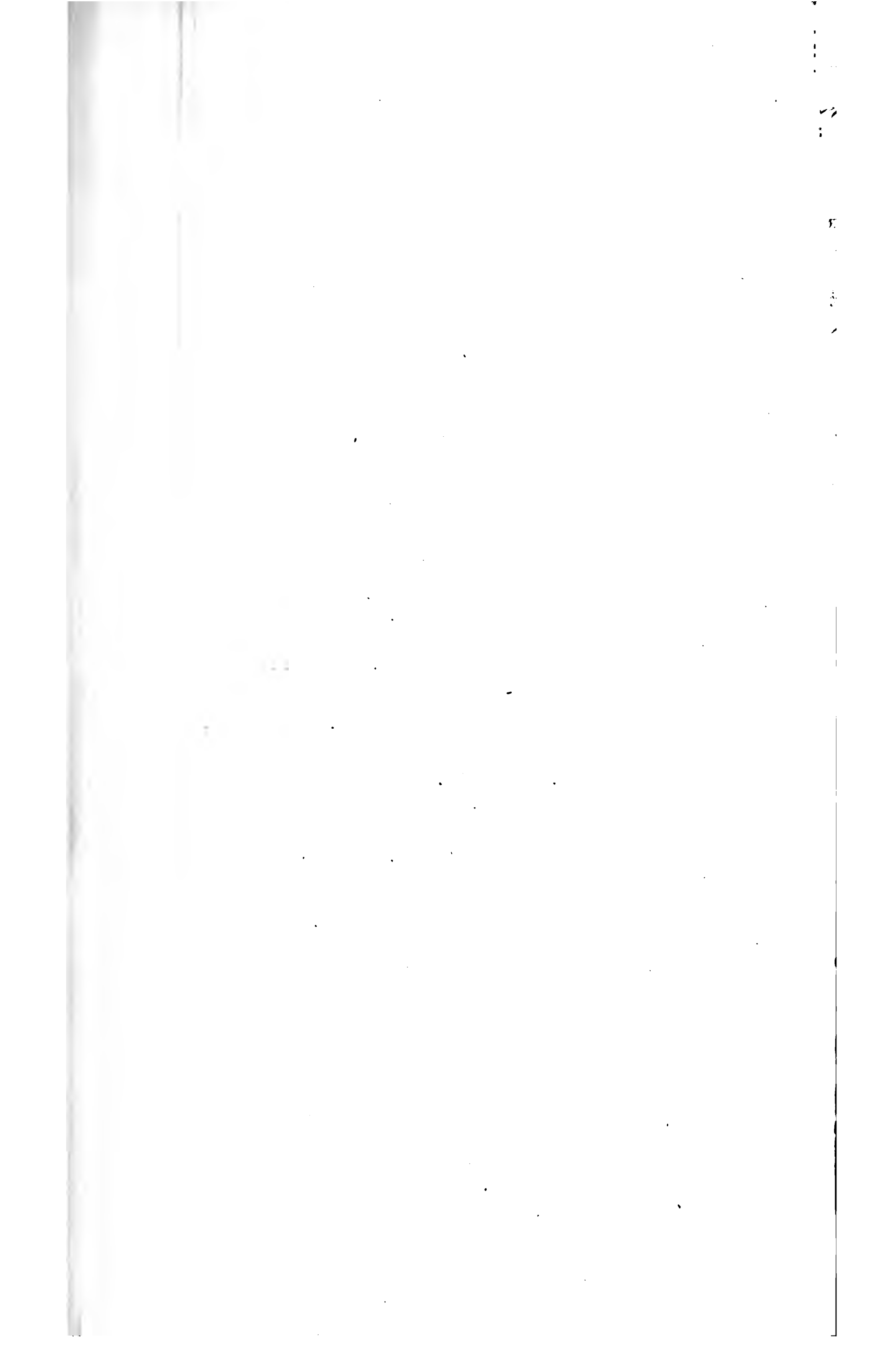
OBJETS DIVERS.

ADMINISTRATION.

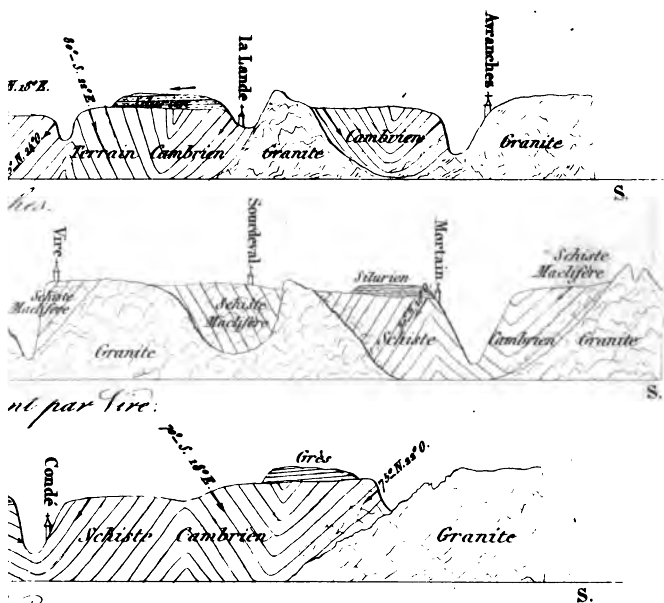
FIN DE LA TABLE.

PLANCHES JOINTES AU TOME XIV.

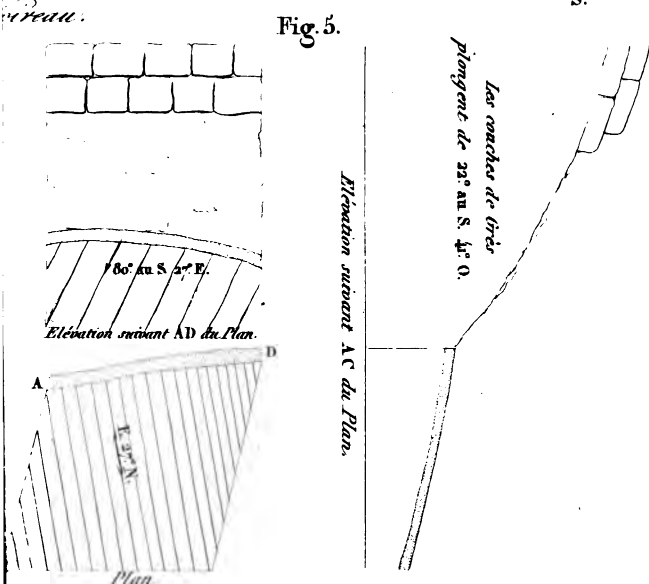

Annales des M



...t de la Normandie.



...rreau.



...rrière de Schiste de la Forge de Bourberouge.

Fig. 16.
Assemblage des 3 tuyaux de retenue.

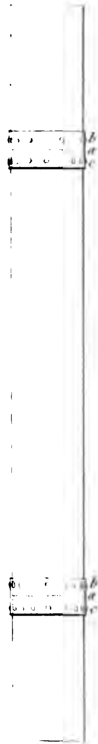


Fig. 20.
Mode d'assemblage des tuyaux de retenue.



Fig. 15.
Equarissoir.

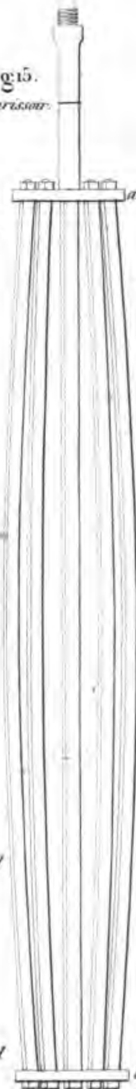
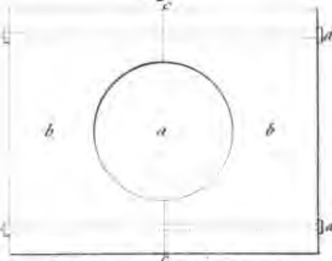


Fig. 19.



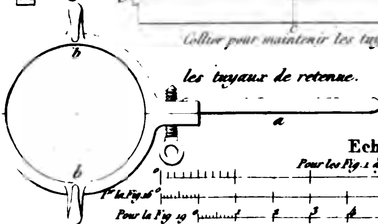
Boulon avec écrou.

Fig. 18.



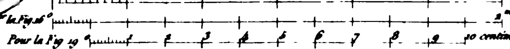
Collier pour maintenir les tuyaux

Fig. 17.

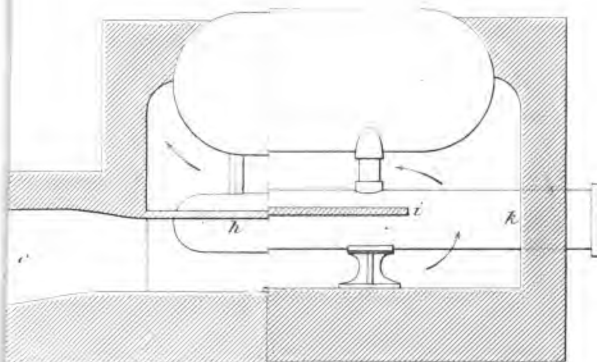


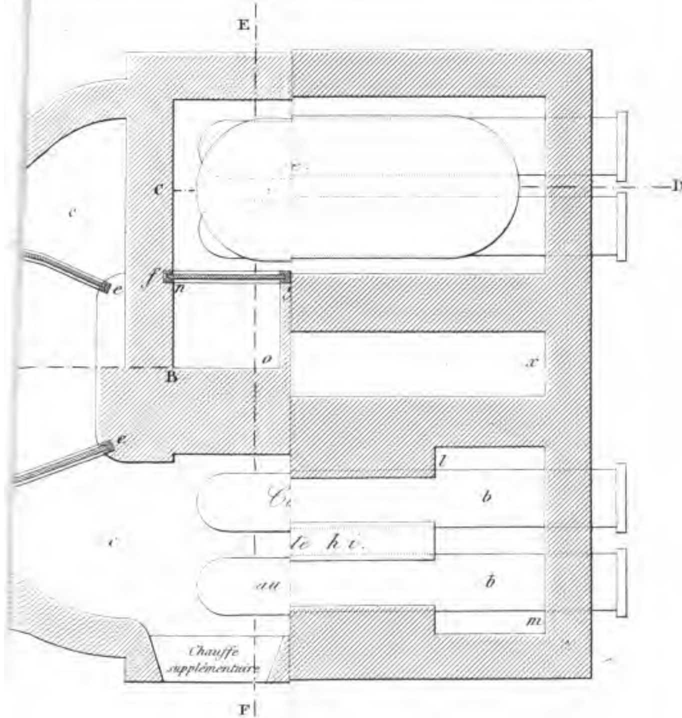
les tuyaux de retenue.

Echelles.

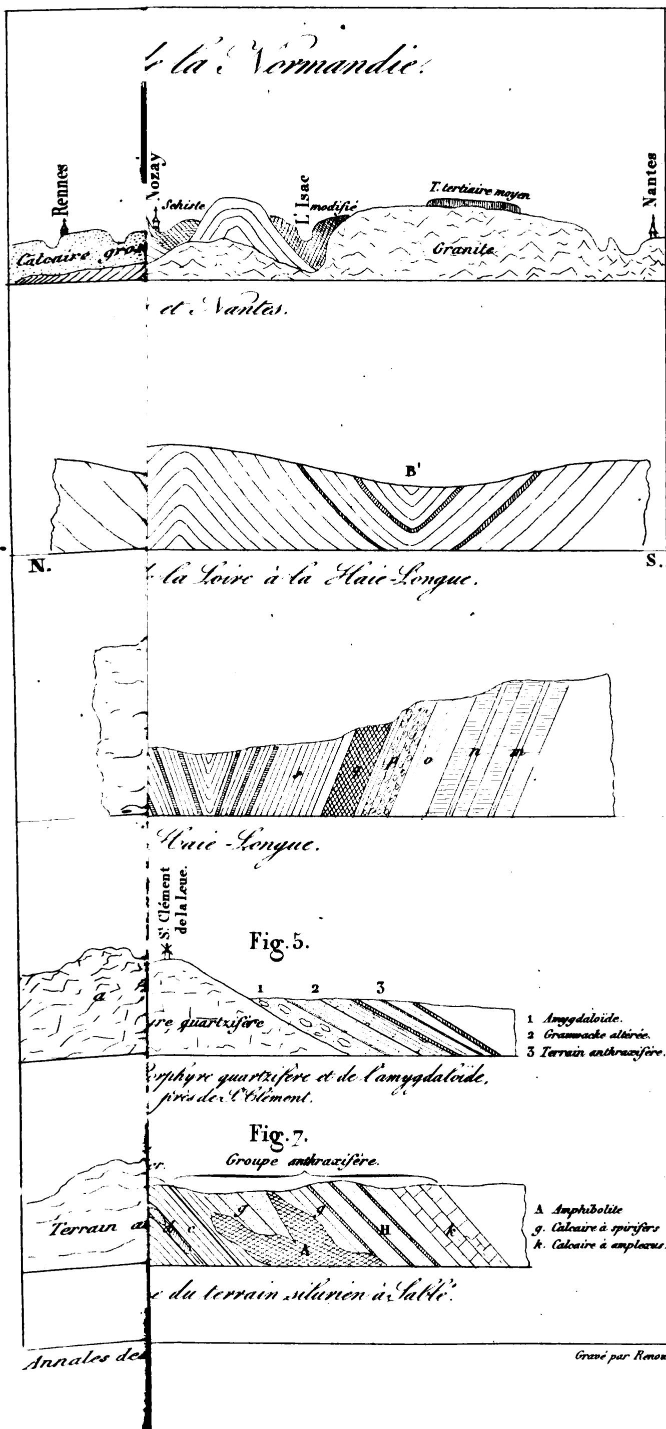


Gravé par Renou.





Gravé par Renaud


la Normandie.
Rennes
Nozay
Schiste
L'Isac
modifié
T. tertiaire moyen
Nantes
Calcaire gros
Granite
et Nantes.
B'
N.
S.
la Loire à la Haie-Longue.
p
q
o
n
m
Haie-Longue.
St. Clément de la Leue.
Fig. 5.
a
1
2
3
re quartzifère
1 Amygdaloïde.
2 Grauwacke altérée.
3 Terrain anthraxifère.
rphyre quartzifère et de l'amygdaloïde, près de St. Clément.
Fig. 7.
Groupe anthraxifère.
Terrain
g
q
H
k
A
A Amphibolite
g. Calcaire à spirifers
k. Calcaire à amplexus.
du terrain silurien à Sablé.
Annales de
Gravé par Renou.

Bé



Fig. 2.







